

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРИВОШИП»*

Выпускная квалификационная работа
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки Машиностроение и материалобработка
профилизации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 739

Екатеринбург

2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н. В. Бородина
«___» _____ 20__ г.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРИВОШИП»**

Выпускная квалификационная работа
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки Машиностроение и материалобработка
профилизации «Технология и оборудование машиностроения»

Исполнитель:
студент группы ЗТО-405С

Адмидина К.Э.

Руководитель:
доцент, к.п.н.

Унсович Т.А

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 107 листов печатного текста, 15 иллюстраций, 36 таблиц, 27 использованных источников, 6 приложения на 34 листах, графическую часть на 6 листах и 1 компакт-диск.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР, ИНСТРУМЕНТ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАНЯТИЯ.

В работе был усовершенствован базовый технологический процесс обработки детали «Кривошип».

Проанализирован базовый технологический процесс, выбрано современное оборудование, рассчитаны режимы резания и технические нормы времени на изготовление детали, разработана управляющая программа.

В экономической части выполнен расчет затрат и определена экономическая эффективность предлагаемого технологического процесса.

Разработан учебный план с учетом требований профессионального стандарта и методика проведения занятия для переподготовки операторов станков с ЧПУ 3-го разряда.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.	Адмидина К.Э.				Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Кривошип» Пояснительная записка			Лит.	Лист	Листов	
Провер.	Унсович Т.А.								2	13005	
Реценз.								ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО каф. ТМС, гр. ЗТО-405С			
Н. Контр.	Суриков В.П										
Утверд.	Бородина Н.В.										

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	7
1.1. Служебное назначение детали и материала	7
1.2. Анализ технических требований к детали	10
1.3. Анализ технологичности детали.....	11
1.4. Анализ базового технологического процесса.....	19
1.4.1. Определение типа производства.....	21
1.5. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	24
1.5.1. Заготовка – поковка штампованная на кривошипных горячештамповочных машинах.....	26
1.5.2. Заготовка – отливка, полученная методом литья в кокиль.....	28
1.5.3. Экономический расчет заготовки – поковки штампованной на кривошипных горячештамповочных машинах.....	29
1.5.4. Экономический расчет заготовки – отливки, полученной литьем в кокиль	29
1.6. Выбор технологических баз.....	32
1.7. Разработка технологического маршрута обработки детали.....	40
1.8. Выбор технологического оснащения.....	44
1.9. Выбор режущего инструмента.....	48
1.10. Выбор мерительного инструмента.....	52
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.....	53
2.1. Расчет припусков на механическую обработку.....	53
2.4. Расчет режимов резания	59
2.5. Расчет технических норм времени	62
3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ	67
3.1. Основные сведения о системе Siemens	67
3.2. Основные и дополнительные функции системы ЧПУ.....	67
3.3. Разработка управляющей программы	73

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	78
4.1. Исходные данные.....	78
4.2. Определение капитальных вложений.....	80
4.3. Расчет технологической себестоимости	82
4.3.1. Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих	83
4.3.2. Заработная плата вспомогательных рабочих	84
4.3.3. Затраты на электроэнергию	85
4.3.4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования	86
4.3.5. Определение затрат на эксплуатацию инструмента	88
4.3.6. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса	90
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	93
5.1. Вводная часть.....	93
5.2. Анализ учебного плана переподготовки рабочих по профессии «Оператор станков с ЧПУ»	94
5.4. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Современный режущий и мерительный инструмент».....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	105
Приложение А. Лист задания на дипломирование	108
Приложение Б. Перечень графического материала	109
Приложение В. Конспект урока по теме «Разработка управляющей программы», тема занятия «Универсальные и специальные измерительные средства»	110
Приложение Г. Презентация к занятию.....	120
Приложение Д. Управляющая программа	125
Приложение Е. Комплект технологической документации	130

ВВЕДЕНИЕ

На машиностроительных предприятиях металлообработка является наиболее важной частью производственного процесса. В связи с этим производится модернизация производства, внедряется современное высокотехнологичное оборудование и появляется заинтересованность в высококвалифицированных специалистах, которые будут обслуживать данное оборудование.

Развитие отечественной машиностроительной промышленности невозможно без широкого использования достижений науки и техники, внедрения прогрессивных технологий. Повышение эффективности производства может быть осуществлено только при использовании высокотехнологичного оборудования и легкостью работы с ним, использованием систем электронного управления, цифровой индексации; интеграция процессов и технологий для автоматизации; смещение от производства отдельного специализированного к многоцелевому оборудованию; обеспечение высокой производительности и функциональности при максимальной точности; использование новых технологий, быстрое создание прототипов и моделирование процессов; применение современного режущего инструмента.

В современных условиях широкое распространение получает технологическое оборудование с числовым программным управлением, позволяющее производить весь комплекс обработки на одном станке. Оно отличается высокой производительностью, повышенной точностью, высокой концентрацией обработки и снижением участия человека в процессе работы.

Круг задач, стоящий перед технологом, не ограничивается только умением проектировать технологические процессы изготовления изделий, он должен решать весь комплекс вопросов, связанных с построением производственного процесса, хорошо разбираться в экономике, организации и управлении производством.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Целью дипломного проекта является анализ существующего на производстве технологического процесса и предложения по его усовершенствованию с применением современного оборудования с программным управлением.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать исходные данные о детали;
- подобрать современное оборудование с ПУ и режущий инструмент;
- разработать и обосновать маршрут изготовления детали «Кривошип»;
- рассчитать экономическое обоснование эффективности технологического процесса;
- рассмотреть вопросы переподготовки рабочих в рамках методического раздела.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Служебное назначение детали и материала

Деталь "Кривошип" является частью клапана, который расположен в турбо-насосе двигателя. Данный элемент работает в условиях больших температур и давления.



Рисунок 1 – Кривошип

Кривошипно-шатунный механизм служит для преобразования вращательного движения «Кривошипа» в возвратно-поступательное прямолинейное движение ползуна. И наоборот, когда ведущим звеном является ползун, возвратно-поступательное прямолинейное движение ползуна преобразовывается во вращательное движение кривошипа и связанного с ним вала.

«Кривошип» относится к классу или группе опорных (базовых деталей). Входит в состав двигателя внутреннего сгорания. Рычаг, совершающий вращательное движение, передающий его на другой элемент механизма посредством кулачка. Деталь устанавливается в управляющий механизм, через отверстие детали проходит шлицевой вал.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

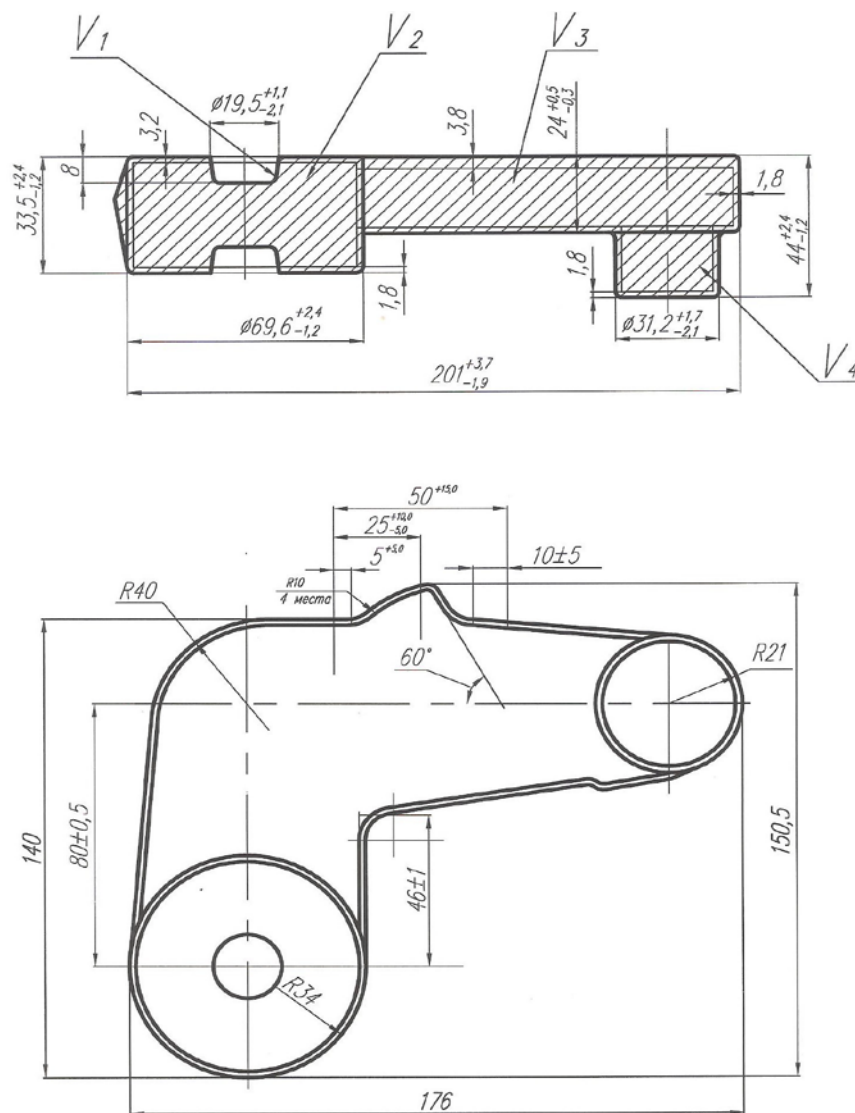


Рисунок 2 - Эскиз детали

Деталь «Кривошип» представляет собой комбинацию тел вращения и пространственного призматического тела сложной формы. Имеется 3 точных отверстия: $\varnothing 6H7$; $\varnothing 8H9$. На нижней части оси детали имеются эвольвентные шлицы. Поверхность 1 шлицевого отверстия (размер 45xH7x2x9H ГОСТ 6033-80) является базой. Исходя из чертежа детали, особые требования предъявляются к поверхностям с шероховатостью $Ra\ 1,6$; $Ra\ 3,2$; $Ra\ 6,3$ мкм:

- поверхности с шероховатостью $Ra\ 1,6$ мкм: 16;
- поверхности с шероховатостью $Ra\ 3,2$ мкм: 2, 9;
- поверхности с шероховатостью $Ra\ 6,3$ мкм: 1, 5, 6, 7, 9;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист

8

Также имеются допуски форм и расположения поверхностей:

- допуск 0,2 мм на расположение отверстий 10 и 20 относительно отверстия 5;

В остальном, согласно чертежу, особых требований к другим поверхностям не предъявляется, шероховатость этих поверхностей равна Ra 12,5 мкм.

Припуск на обработку выбирается максимальный.

Габаритные размеры детали: 30d11; длина (L) получается расчетным путем R134 и R32 (166мм); ширина (B) – R32; R145; R19 (196мм).

Назначение: торсионные валы, коробки передач, другие нагруженные детали, работающие при скручивающих повторно-переменных нагрузках и использующие динамические нагрузки.

Масса детали – 1,85 кг.

Годовая программа выпуска – 8000 шт.

Деталь «Кривошип» изготавливается из качественной конструкционной легированной стали марки 45ХН2МФА ГОСТ 4543-71 (аналог 45ХНМФА).

Высокая степень автоматизации и механизации различных производственных сфер является одной из причин постоянно растущего повышения спроса на сплавы со специфическими характеристиками. Одним из ярких примеров таких сплавов может служить сталь 45ХН2МФА. Наличие различных качественных легирующих добавок позволяет добиться максимальной устойчивости самого сплава и изготовленных на основе него деталей к переменным нагрузкам и скручивающему воздействию. Именно по этой причине сталь 45ХНМФА и её аналоги используются в автомобилестроении при изготовлении высокоответственных деталей и элементов агрегатов.

Сталь 45ХН2МФА – хромоникельмолибденованадиевая, трудно свариваемая (требуется подогрев до температуры 200-300°; при сварке - т/о, после сварки – отжиг), флокеночувствительна и не склонна к отпускной хрупкости.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Химические и механические свойства стали сведены в таблицы 1,2.

Таблица 1 - Химический состав стали 45ХН2МФА ГОСТ 4543-71

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	Mo	Cu
0,42 – 0,50	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	1,30- 1,80	до 0,025	до 0,025	0,8 – 1,1	0,10- 0,18	0,20- 0,30	до 0,30

Таблица 2 – Механические свойства

Сортамент	Размер, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	d_5 , %	y , %	KCU , кДж / м ²	Термообработка
Прутки, ГОСТ 4543- 71	До 60	1420	1275	7	35	390	Закалка 860°С, масло, Отпуск 450°С, масло,

Хром дает антикоррозийную стойкость и механическую прочность.

Марганец – повышает износостойкость и устойчивость к ударным нагрузкам.

Кремний – повышает значение вязкости (ударной).

Технологические свойства:

Закалка этой марки проводится в температурном диапазоне 450 – 860 °С. Термообработка позволяет повысить прочность материала (до значения 1500 МПа) и пластичность.

Обрабатываемость резанием: в горячекатаном состоянии при HB 269 и $\sigma_B = 1420 - 1470$ МПа.

1.2. Анализ технических требований к детали

Основной технологической задачей при обработке «Кривошипа» является обеспечение:

- 1) точности размеров (32d11_(-0,195^{-0,065}); Ø64h14_(-0,74); Ø47±0,5; 12h11_(-0,52), Ø26e9_(-0,13), 18b12_(-0,50^{-0,25}); Ø6H9; Ø8H9; R126±0,15; R117,5±0,15; R39±0,4; R32±0,3; Ø21_{-0,21}; Ø23h11; 16,5h11; 1,4h12; 20h12; 5⁺⁵; 50^{+0,2}_{-0,1}; 25⁺¹⁰₋₅;

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

50^{+15} ; $21_{-0,5}$; $45 \times H7 \times 2 \times 9H$; $2,564H10(^{+0,085}_{+0,035})$; $\varnothing 41H8$; $\varnothing 45H8$; $61 \pm 0,5$; 47 ± 1 ;

$\varnothing 104 \pm 0,5$; $3 \pm 0,5$; остальные размеры – по $h14, \pm \frac{IT14}{2}$);

2) точности расположения поверхностей (допуск позиционирования относительно оси отверстия В не более 0,2 мм);

3) качества поверхностного слоя: $Ra_{1,6}$ мкм – 4шт.; $Ra_{2,5}$ мкм – 3шт.; $Ra_{3,2}$ мкм – 1шт.; $Ra_{6,3}$ мкм – 1шт.; остальных обрабатываемых поверхностей – $Ra_{12,5}$.

1.3. Анализ технологичности детали

Анализ технологичности конструкции заключается в оценке возможности изготовления детали по заданному чертежу. Произведем оценку технологичности детали на основе её чертежа.

Оценка технологичности проводится качественно и количественно по ГОСТ 14.201-83. Деталь будет считаться технологичной в том случае, когда ее конструкция позволяет применять заготовку, у которой форма и размеры рациональны, у которой форма и размеры максимально приближены к форме и размерам готовой детали, а также использовать высокоэффективные процессы обработки. Основные требования технологичности:

- обоснованный выбор материала детали и соответствие требований качества поверхностного слоя с маркой материала детали;
- сокращение числа установов заготовки при обработке;
- возможность использования стандартизованных и нормализованных режущих инструментов и измерительных;
- обеспечение высокоэффективных условий работы режущего инструмента;
- унификация формы и размеров обрабатываемых элементов, что позволит выполнить обработку их минимальным числом инструментов и использование типовых подпрограмм на станках с ЧПУ и т.д.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Качественная оценка:

1. Конфигурация детали и материал позволяет применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки (кривошипные горячештамповочные прессы).

2. При конструировании изделия используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства. Есть удобная и надежная технологическая база в процессе обработки.

3. Обоснованы заданные требования к точности размеров и формы детали.

4. Использована унификация элементов детали (сквозные отверстия одного размера, два типа размера фасок).

5. Для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей.

6. Обеспечена достаточная жесткость детали.

7. Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали.

8. Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки.

По качественным показателям деталь является достаточно технологичной.

Количественная оценка:

1. Коэффициент точности обработки детали :

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{A},$$

где А – средний квалитет точности;

Из чертежа видно, что суммарное количество указанных на чертеже размеров составляет 97, из которых:

7 квалитет – 3 – зубчатая поверхность Ø45H7;

8 квалитет – 1 – отв. Ø41H8;

9 квалитет – 25 – отв. Ø6H9; отв. Ø8H9; Ø26e9; 2H9;

11 квалитет – 4 – 16h11; Ø23h11; 12h11; 32d11;

12 квалитет – 2 – 1,4h12; 20h12;

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

14 квалитет – 1 – Ø64h14;

±IT14/2 квалитет – 1 – отв. Ø47мм;

±IT16/2 квалитет - 1 – 67мм.

Остальные размеры со специальными допусками.

$$A = \frac{((7 \cdot 3) + (8 \cdot 1) + (9 \cdot 25) + (11 \cdot 4) + (12 \cdot 2) + (14 \cdot 1) + 1 + 1)}{97} = 3,48;$$

$$K_{мч.} = 1 - \frac{1}{3,48} = 0,71$$

Если коэффициент точности обработки удовлетворяет условию $K_{му.д.} > 0,8$, то деталь технологична. Поскольку $K_{му.д.} = 0,71 < 0,8$ не удовлетворяет условию, то рассматриваемая деталь не является технологичной по точности. В дальнейшем необходимо разработать план мероприятий по упрощению тех элементов детали, которые имеют точные поверхности.

1. Коэффициент использования материала заготовки $K_{им}$.

$$K_{им} = \frac{M_{чист}}{M_{заг}},$$

где $M_{чист}$ – масса готовой детали по чертежу, кг;

$M_{заг}$ – масса исходной заготовки, кг;

$M_{чист} = 1,85$ кг – согласно чертежу.

Чтобы определить массу заготовки, предварительно определим метод получения заготовки. По вышеизложенному описанию конфигурации выберем заготовку, изготовленную методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ).

Степень сложности C штампованных заготовок принимаем по ГОСТ 7505-90.

$$C = \frac{G_{п}}{G_{ф}} \quad \text{или} \quad C = \frac{V_{п}}{V_{ф}},$$

где $G_{п}$ – масса поковки; $G_{ф}$ – масса фигуры, кг; $V_{п}$ – объем поковки, см^3 ; $V_{ф}$ – объем фигуры, см^3 .

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Точность изготовления поковки – класс I. Группа стали – М2 [3,стр.47].
Припуски на номинальные размеры назначаем по таблице 12 [3, стр. 148], принимаем равными на толщину детали - 1,8мм на сторону; на длину – 2,4 мм на сторону; на ширину – 2,2мм на сторону.

На основании принятых припусков на размеры детали определяем расчетные размеры заготовки. Для этого условно разобьем сложную фигуру заготовки на отдельные простые элементы, представленные на рисунке 3. Проставим на них размеры с учетом плюсовых допусков.

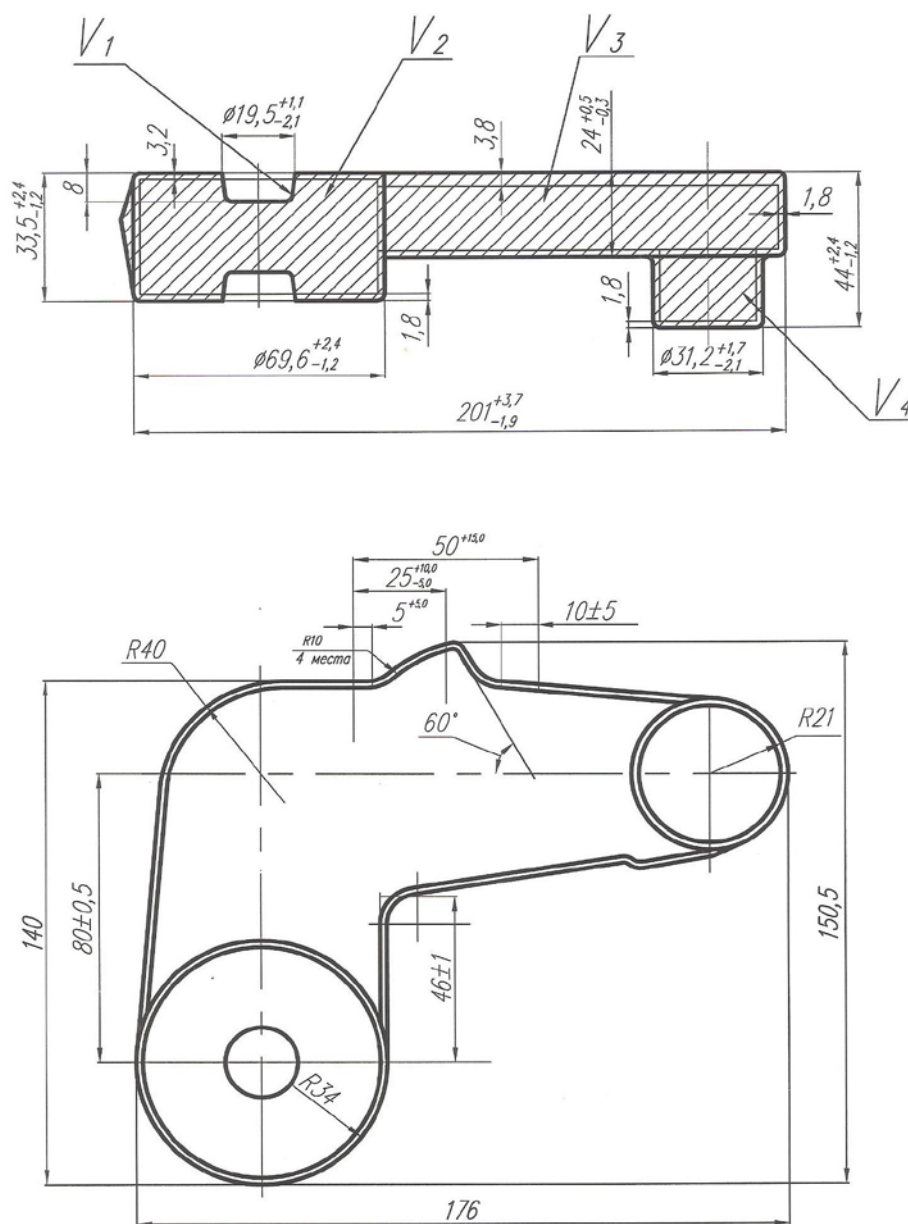


Рисунок 3 – Эскиз детали для определения объёма

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист

16

Определим объем отдельных элементов заготовки, получилось 3 условных цилиндра и 3 призмы:

$$D_{\text{расч1}} = D_{\text{н1}} + 2z = 64 + 4,8 = 68,8 \text{ мм}$$

$$h_1 = 32 + 3,6 = 35,6 \text{ мм};$$

$$D_{\text{расч2}} = D_{\text{н2}} + 2z = 26 + 3,6 = 29,6 \text{ мм};$$

$$h_2 = 20 + 2,2 = 22,2 \text{ мм};$$

$$B_{\text{расч3}} = 64 + 4,4 = 68,4 \text{ мм} - \text{ширина призмы 3}$$

$$L_{\text{расч3}} = 72 + 2,4 = 74,4 \text{ мм} - \text{длина призмы 3}$$

$$h_3 = 18 + 3,6 = 21,6 \text{ мм};$$

$$B_{\text{расч4}} = 57 + 4,4 = 61,4 \text{ мм} - \text{ширина призмы 4}$$

$$L_{\text{расч4}} = 132 + 2,4 = 134,4 \text{ мм} - \text{длина призмы 4}$$

$$h_4 = 18 + 3,6 = 21,6 \text{ мм};$$

$$B_{\text{расч5}} = 22 + 2,2 = 24,2 \text{ мм} - \text{ширина призмы 5}$$

$$L_{\text{расч5}} = 35 + 4,8 = 39,8 \text{ мм} - \text{длина призмы 5}$$

$$h_5 = 18 + 3,6 = 21,6 \text{ мм}.$$

Формула для определения объёма детали будет иметь вид:

$$V_{\phi} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5,$$

где $V_1 = \pi \cdot D_1 \cdot h_1 = 3,1416 \cdot 68,8 \cdot 35,6 = 7694,9 \text{ мм}^3,$

где D – диаметр цилиндра 1 - Ø68,8мм; $h=35,6$ мм – высота цилиндра 1.

$$V_2 = S \cdot h = 68,4 \cdot 74,4 \cdot 21,6 = 109921,5 \text{ мм}^3,$$

где S – площадь основания призмы, мм²; $h=21,6$ мм – высота призмы;

$$V_3 = 61,4 \cdot 134,4 \cdot 21,6 = 178246,6 \text{ мм}^3,$$

$$V_4 = 3,1416 \cdot 29,6 \cdot 22,2 = 2064,4 \text{ мм}^3,$$

$$V_5 = 24,2 \cdot 39,8 \cdot 21,6 = 20804,3 \text{ мм}^3.$$

Объём детали равен:

$$V_{\phi} = 7694,9 - 4182,8 + 109921,5 + 178246,6 + 2064,4 + 20804,3 = 314548,9 \text{ мм}^3.$$

Принимая неизбежные технологические потери (угар, облой и т.д.) при горячей объемной штамповке равными 10%, определим расход материала на одну деталь.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Масса заготовки определяется по формуле

$$m = V \cdot \rho$$

где $\rho_{45\text{ХН2МФА}} = 0,0078 \text{ г/мм}^3$,

Тогда $m = 314548,9 \cdot 0,0078 = 2453,5 \text{ г}$ или 2,5 кг.

Коэффициент использования материала определим по формуле

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{чист}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{1,85}{2,5} = 0,74.$$

где $M_{\text{чист}}$ – масса обработанной детали

$M_{\text{заг}}$ – масса заготовки

Определяем степень сложности поковки:

$$C = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ф}}} = \frac{2453,5}{314548,9} = 0,078$$

Степень сложности поковки С1 [3, стр.47].

3. Коэффициент шероховатости поверхности детали:

$$K_{\text{ш}} = \frac{Ш_{\text{н}}}{Ш_{\text{о}}},$$

где $Ш_{\text{н}}$ – число поверхностей детали, необоснованной шероховатости;

$Ш_{\text{о}}$ – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке.

Ra 1,6 – 7 поверхностей;

Ra 3,2 – 46 поверхностей;

Ra 6,3 – 5поверхностей;

Ra 12,5 – 45 поверхностей.

$$K_{\text{ш}} = \frac{97}{((1,6 \cdot 7) + (3,2 \cdot 46) + (6,3 \cdot 5) + (12,5 \cdot 45))} = 0,13, \text{ что допустимо.}$$

Если коэффициент шероховатости поверхности удовлетворяет условию $K_{\text{ш}} < 0,32$, то деталь технологична по шероховатости поверхности. Поскольку, $K_{\text{ш}} = 0,13 < 0,32$, то рассматриваемая деталь является технологичной.

Конфигурация детали и материал позволяет применять заготовку из штамповки.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При конструировании изделия используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства. Есть удобная и надежная технологическая база в процессе обработки. Деталь имеет небольшие габаритные размеры.

Обработка стали 45ХН2МФА не вызывает особой трудности и производится стандартными инструментами.

В остальном деталь достаточно технологична, допускает применения высокопроизводительных режимов обработки, имеет хорошо доступные для подвода режущего инструмента поверхности, выбираемые в качестве технологических баз, чтобы обеспечить надежную ориентировку и жесткость крепления детали.

1.4. Анализ базового технологического процесса

Анализируя технологический процесс изготовления детали «Кривошип» мы видим, что все операции производятся на универсальном оборудовании, с использованием универсальной оснастки и измерительного инструмента.

В связи с тем, что требования к изготовлению детали повысились и количество выпускаемой продукции увеличилось (8000 шт. по заданию на ДП), необходимо изготовление данной детали перевести на более современное и производительное оборудование с ЧПУ.

Процесс механической обработки детали представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание процесса механической обработки детали

Наименование операции	Содержание операции	Режущий и измерительный инструмент	Технологическая оснастка
1	2	3	4
010 Фрезерная ФВ-11	Фрезеровать пов.1 предварительно; Фрезеровать окончательно пов.1	Фреза торцевая Ø100 ГОСТ 24359-80; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-90; Щуп 6мм цеховой	Крепежное цеховое

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
020 Фрезерная черновая ФВ-11	Фрезеровать предварительно пов.2; Фрезеровать окончательно пов.2	Фреза торцевая Ø100 ГОСТ 24359-80; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-90; Щуп 6мм цеховой	Болты; планки
025 Фрезерная ФВ-11	Фрезеровать предварительно пов.2; Фрезеровать окончательно пов.2		Болты; планки
030 Сверлильная Св-5	Сверлить отверстие 1; Рассверлить отверстие 1; Зенкеровать отверстие 1; зенковать фаску 8. Установ Б: зенковать фаску 8.	Втулки 5/4; 4/2; Сверло Ø20 ГОСТ 886-77; Сверло Ø39 ГОСТ 886-77; Зенкер Ø40,7Н9 ГОСТ 12489-71; Пробка Ø40,7Н9 ГОСТ 14810-69	Кондуктор
040 Сверлильная Св-5	Зенковать фаску 1, выдерживая размер Ø47Н11; угол 120°	Щуп 0,05 цеховой; Зенковка 6,3 120°; Втулка 5/3; Шаблон Ø47±0,5 цеховой	Крепежное цеховое
050 Протяжная ППГ-10	Протянуть шлицевое отверстие 9 предварительно; Протянуть шлицевое отверстие 9 окончательно.	Протяжка предварительная цеховая; Патрон цеховой; Калибр комплексный; Калибр Ø45Н9 ГОСТ14810- 69; Пробка Ø41Н8 ГОСТ 14810-69; Калибр 1 цеховой; Щуп наборный №1 класс 1 ГОСТ 882-75; Пластина 2,564Н9	Адаптер цеховой

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
055 Протяжная ППГ-10	Срезать один шлиц 2	Протяжка предварительная цеховая; Патрон цеховой; Калибр комплексный; Калибр Ø45H9 ГОСТ 214810- 69; Калибр срезанный шлицевой цеховой	Адаптер цеховой
070 Шлифовальная	Шлифовать плоскость 1; Размагнитить деталь	Круг ПП 450х63х203 2А В=40; 1 кл.А; Калибр цеховой; Щуп наборный №1 кл.1 ГОСТ 882-75; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-90	Шлифовальное

1.4.1. Определение типа производства

Перед определением типа производства, необходимо определить к какому классу относится деталь. Для этого необходимо знать ее массу, которую мы рассчитали ранее, в п.1.3. Масса детали «Кривошип» по чертежу $m=1,85\text{кг}$.

В соответствии с заданием годовая программа выпуска равна 8000 шт. С учетом годовой программы и массы детали определяем тип производства в соответствии с таблицей 4. Для рассматриваемого варианта производство является среднесерийным.

Таблица 4 – Исходные данные для определения типа производства [3, стр. 6, табл. 2.1]

Масса детали, кг	Объем годового выпуска деталей N, шт. в зависимости от типа производства			
	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1	< 2000	2000 – 75000	75000 – 200000	> 200000
1 - 2,5	<1000	1000 – 50000	50000 – 100000	> 100000
2,5 - 5	< 500	500 – 35000	35000 – 75000	> 75000
5 - 10	< 300	300 – 25000	25000 – 50000	> 50000
> 10	< 200	200 – 10000	10000 – 25000	> 25000

Определим тип производства, характеризующийся коэффициентом закрепления операций Кз.о., который определяется по формуле [3, с. 33]:

$$Кз.о. = \frac{\sum Q}{\sum P},$$

где Σo - суммарное число различных операций;

Σp - суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Годовая программа выпуска из задания равна $N=8000$ шт. в год.

Установим соотношение между трудоемкостью выполнения операций и производительностью рабочих мест (оборудования) в соответствии с нормативными коэффициентами загрузки оборудования.

Зная штучное время $T_{шт.}$ каждой операции по технологическому процессу механической обработки детали, определим предварительно количество станков [2, с. 19]:

$$m_{p1} = \frac{N}{60} \frac{T_{шт1(ш-к)}}{F \partial \eta_{з.н}} = \frac{8000 \cdot 30,33}{60 \cdot 1708 \cdot 0,8} = 2,96;$$

где $T_{шт1}=30,33$ мин – штучное время на фрезерную операцию [14, с.176,табл.2.38];

$$m_{p2} = \frac{N}{60} \frac{T_{шт2(ш-к)}}{F \partial \eta_{з.н}} = \frac{8000 \cdot 0,54}{60 \cdot 1708 \cdot 0,8} = 0,05;$$

где $T_{шт2}=0,54$ мин – штучное время на сверлильную операцию [14];

$$m_{p3} = \frac{N}{60} \frac{T_{шт3(ш-к)}}{F \partial \eta_{з.н}} = \frac{8000 \cdot 16,02}{60 \cdot 1708 \cdot 0,8} = 1,56;$$

$T_{шт3}=16,02$ мин – штучное время на протяжную операцию [14];

$$m_{p4} = \frac{N}{60} \frac{T_{шт4(ш-к)}}{F \partial \eta_{з.н}} = \frac{8000 \cdot 14,5}{60 \cdot 1708 \cdot 0,8} = 1,41;$$

$T_{шт4}=14,5$ мин – штучное время на шлифовальную операцию [14];

$$m_{p5} = \frac{N}{60} \frac{T_{шт5(ш-к)}}{F \partial \eta_{з.н}} = \frac{8000 \cdot 23,23}{60 \cdot 1708 \cdot 0,8} = 2,27;$$

$T_{шт5}=23,23$ мин – штучное время на программную операцию [14];
 где $F_d = [(365 - 119 - 15 + 1) \cdot 8,2 - 5] \cdot 1 \cdot (1 - 10/100) = 1708$ ч. – действительный
 годовой фонд времени (при односменной работе), [2, табл.2.1., с.22];

$\eta_{з.н.} = 0,75 - 0,85$ – нормативный коэффициент загрузки для серийного
 производства.

Фактический коэффициент загрузки $\eta_{ф.н.}$ определяется по формуле [5, с. 35]:

$$\eta_{з.ф1} = \frac{m_{p1}}{p_1} = \frac{2,96}{3} = 0,99;$$

$$\eta_{з.ф2} = \frac{m_{p2}}{p_2} = \frac{0,05}{1} = 0,05;$$

$$\eta_{з.ф3} = \frac{m_{p3}}{p_3} = \frac{1,56}{2} = 0,78;$$

$$\eta_{з.ф4} = \frac{m_{p4}}{p_4} = \frac{1,41}{2} = 0,71$$

$$\eta_{з.ф5} = \frac{m_{p5}}{p_5} = \frac{2,27}{2} = 1,14$$

Определим количество операций по формуле [2, с. 35]:

$$Q = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф}$$

$$Q_1 = 0,8 / 0,99 = 0,81 = 1;$$

$$Q_2 = 0,8 / 0,05 = 1,6 = 2;$$

$$Q_3 = 0,8 / 0,78 = 1,02 = 1;$$

$$Q_4 = 0,8 / 0,71 = 1,13 = 1;$$

$$Q_5 = 0,8 / 1,14 = 0,70 = 1.$$

Все данные для расчета Кз.о. занесем в таблицу 5.

Таблица 5 – Сводная таблица значений для определения типа производства

Операция	$T_{шт.}, \text{мин}$	m_p	p	$\eta_{з.ф}$	Q
Фрезерная	30,33	2,96	3	0,99	1
Сверлильная	0,54	0,05	1	0,05	2
Протяжная	16,02	1,56	2	0,78	1
Шлифовальная	14,5	1,41	1	0,71	1
Комплексная	23,23	2,27	3	1,14	1
	$\sum T_{шт.} = 27,07$		$\sum p_{i-1} = 10$		$\sum Q_{i-1} = 6$

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделия, изготавливаемых периодически, повторяющимися партиями и сравнительно большим объёмом выпуска. При серийном производстве используются универсальные станки, оснащённые как специальными, так и универсальными и универсально сборными приспособлениями, что позволяет снизить трудоёмкость и себестоимость изготовления детали.

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{6}{10} = 0,6$$

$$1 > 0,6 < 10$$

$1 < K_{з.о.} < 10$ – характеристика серийного производства.

Форма организации производственного процесса – групповая.

Определим количество деталей в партии по формуле [2, с. 23]:

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

где a – периодичность запуска в днях,

254 – количество рабочих дней в году.

$$n = \frac{8000 \cdot 6}{254} = 189 \text{ шт.}$$

Примем $n = 190$ шт. – размер партии деталей.

1.5. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Метод получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийности выпуска, а также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на неточность изготовления.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

На выбор вида и метода получения заготовки влияют следующие факторы: вид материала, его физико-механические свойства, объем выпуска изделий и вид производства; размеры и форма изделия; характер применяемого оборудования; производственные возможности заготовительных цехов завода. Нужно стремиться всегда к тому, чтобы форма и размеры заготовки как можно больше приближались к форме и размерам готовой детали.

При правильно выбранном методе получения заготовки, уменьшается трудоёмкость механической обработки детали. Сокращается расход металла, режущего инструмента, электроэнергии, производственные площади, рабочая сила и т. д., тем самым снижается себестоимость изделия. Правильность выбора метода получения заготовки определяется коэффициентом использования материала.

Сравним 2 метода получения заготовки на основании расчета их стоимости (в рублях) с учетом черновой обработки и данные занесем в таблицу 6.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_v \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \left(\frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right),$$

где C_i – базовая стоимость 1 т заготовок, руб., [табл.12, с.12];

k_t, k_c, k_v, k_m, k_n – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;

Q – масса заготовки, полученной методом горячей штамповки, кг;

$S_{\text{отх}}$ – цена 1 т отходов, руб., [табл.13, с.12];

q – масса готовой детали, кг.

Экономический эффект при сопоставлении способов получения заготовки, при которых технологический процесс механической обработки не меняется, может быть определен по формуле:

$$\mathcal{E}_3 = (C_{3_1} - C_{3_2}) \cdot N,$$

где C_{3_1}, C_{3_2} – стоимости сопоставляемых заготовок, руб.;

N – годовая программа, шт.;

\mathcal{E}_3 – экономический эффект, руб.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.5.1. Заготовка – поковка на горячештамповочных автоматах (ГКМ)

Точность поковки – Т4 (ГОСТ 7505-89). Группа стали – М1[2, с.47].

Степень сложности – определяется по формуле:

$$C = G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} \text{ или } C = V_{\text{п}}/V_{\text{ф}},$$

где $G_{\text{п}}$ – масса поковки, кг;

$G_{\text{ф}}$ – масса фигуры, кг;

$V_{\text{п}}$ – объем поковки, см³;

$V_{\text{ф}}$ – объем фигуры, см³.

Для поковки $V_{\text{ф}} = 314548,9 \text{ мм}^3$ [с.16 ПЗ], $K_{\text{им}} = 0,74$; степень сложности - С1 [с.17 ПЗ], масса поковки $m_{\text{заг}} = 2,5 \text{ кг}$.

Определяем предварительные припуски на поверхности исходной заготовки для фрезерования [4, табл.19-21, с.221-223]. Допускаемые отклонения на размеры назначаем по ГОСТ 7505-74, полученные результаты записываем в таблицу 7.

По принятым размерам, допускам, штамповочным уклонам, радиусам скруглений и другим параметрам разрабатываем эскиз заготовки, который является исходным для технико-экономических расчетов.

Обрабатываемые поверхности детали и их нумерация изображены на рисунке 4.

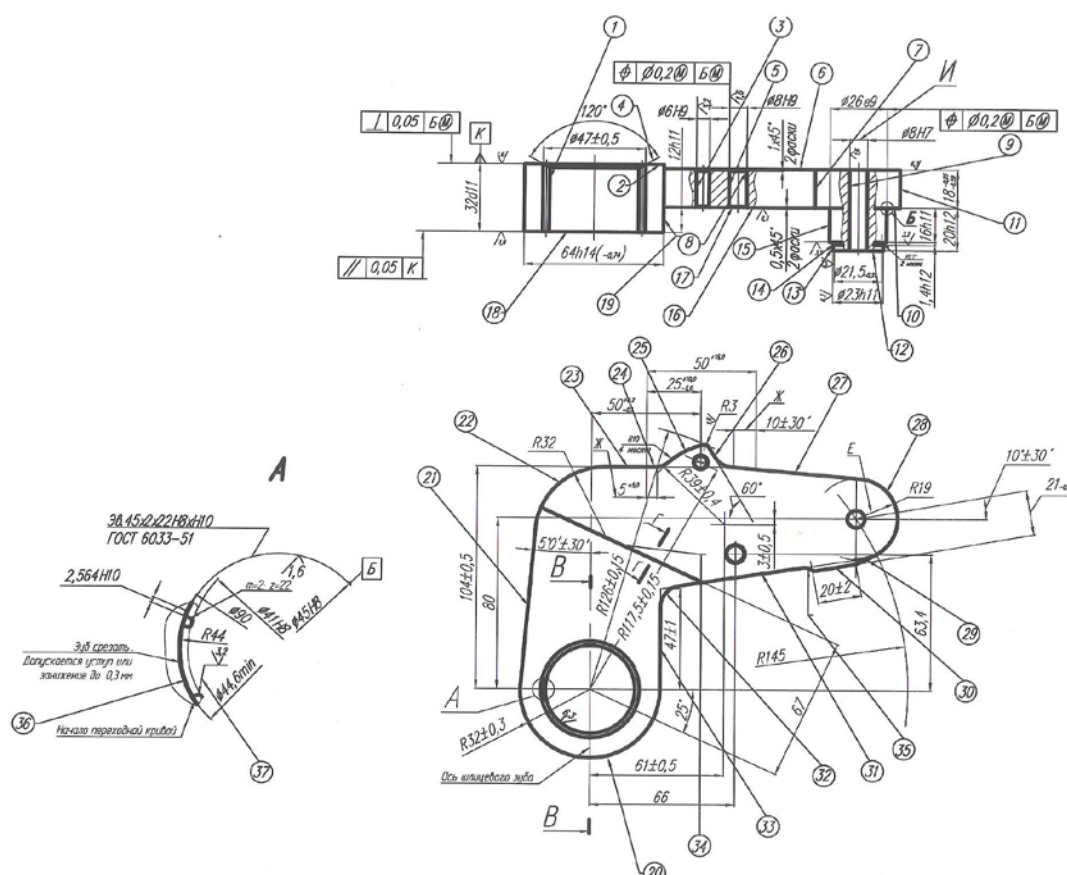


Рисунок 4 – Нумерация обрабатываемых поверхностей детали

В таблице 7 приведены припуски поковки.

Таблица 7 – Основные припуски поковки

Номер поверхности	Длина, ширина, диаметр, глубина, высота, мм	Шероховатость Ra, мкм	Класс точности	Ряд припусков	Допуски и отклонения на заготовку, мм	Припуск на сторону Z, мм	Размер заготовки с допуском
1	2	3	4	5	6	7	8
2	32	6,3	1	7	+0,4 1,15 (-0,75)	0,75	+0,4 33,5 -0,75
18		1,6				0,75	
2	18	1,6			0,8(+0,5) -0,3	3,0	24+0,5 -0,3
16		6,3				3,0	
12	20	3,2			0,8(+0,5) -0,3	2,0	44+0,5 -0,3
13		6,3				2,0	
19	Ø64	6,3			0,8(+0,5) -0,3	2,8	Ø69,6+0,5 -0,3

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8
11	196	12,5			$\begin{matrix} +0,8 \\ 1,2(-2,0) \end{matrix}$	2,4	$\begin{matrix} +0,8 \\ 200,8-2,0 \end{matrix}$
22		12,5			$\begin{matrix} +0,5 \\ 0,8(-0,3) \end{matrix}$	2,4	
13	Ø26	1,6			$\begin{matrix} +1,2 \\ 1,8-0,6 \end{matrix}$	2,6	$\begin{matrix} +1,2 \\ \text{Ø}31,2-0,6 \end{matrix}$

1.5.2. Заготовка – отливка, полученная методом литья в кокиль

Точность отливки – Т2 (ГОСТ 2009-89).

Степень сложности – С3.

Группа материала – М1.

В таблице 8 приведены припуски отливки.

Таблица 8 – Основные припуски отливки

Номер поверхности	Длина, ширина, диаметр, глубина, высота, мм	Шероховатость Ra, мкм	Класс точности	Ряд припусков	Допуски и отклонения на заготовку, мм	Припуск на сторону Z, мм	Размер заготовки с допуском
2	32	6,3	2	5	$\begin{matrix} +0,6 \\ 0,8(-0,2) \end{matrix}$	4,0	$\begin{matrix} +0,6 \\ 40-0,2 \end{matrix}$
18		1,6				4,0	
2	18	1,6			$\begin{matrix} +0,6 \\ 0,9(-0,3) \end{matrix}$	3,5	$\begin{matrix} +0,6 \\ 25-0,3 \end{matrix}$
16		6,3				3,5	
12	20	3,2			$\begin{matrix} +0,6 \\ 0,9(-0,3) \end{matrix}$	5,0	$\begin{matrix} +0,6 \\ 30-0,3 \end{matrix}$
13		6,3				5,0	
19	Ø64	6,3			$\begin{matrix} +0,5 \\ 0,8(-0,3) \end{matrix}$	3,0	$\begin{matrix} +0,5 \\ \text{Ø}70-0,3 \end{matrix}$
11	196	12,5			$\begin{matrix} +0,6 \\ 1,0(-0,4) \end{matrix}$	2,5	$\begin{matrix} +0,6 \\ 201-0,4 \end{matrix}$
22		12,5				2,5	
13	Ø26	1,6			$\begin{matrix} +0,3 \\ 0,5(-0,2) \end{matrix}$	6,0	$\begin{matrix} +0,3 \\ \text{Ø}32-0,2 \end{matrix}$

1.5.3. Экономический расчет заготовки - поковки штампованной на горизонтально-ковочной машине (ГКМ)

$$m_{\text{заг}} = V \cdot \rho \cdot 10^{-6} \quad \rho = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг/см}^3;$$

$$m_{\text{заг}} = 314548,9 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 2,5 \text{ кг} - \text{масса заготовки};$$

$$K_{\text{и.м}} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{1,85}{2,5} = 0,74 - \text{коэффициент использования материала};$$

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{Ci}{1000} \cdot Q \cdot k_{\text{т}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{п}} \right) - (Q - q) \cdot \left(\frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right) - \text{стоимость заготовки};$$

где $Ci = 40,8 - 52,3$ тыс. – базовая стоимость 1т заготовок, руб.[19, табл.12, с.12];

$k_{\text{т}}, k_{\text{с}}, k_{\text{в}}, k_{\text{м}}, k_{\text{п}}$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок соответственно;

$$k_{\text{т}} = 1 [1, \text{с.87}]; k_{\text{м}} = 1,14; k_{\text{с}} = 1,13; k_{\text{в}} = 1,0; k_{\text{п}} = 1,0;$$

$Q = 2,5$ – масса заготовки, полученной методом горячей штамповки, кг;

$S_{\text{отх}} = 25,35$ тыс. – цена 1 т отходов, руб., [19, табл.13, с.12];

$q = 1,85$ – масса готовой детали, кг.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{40800}{1000} \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \right) - (2,5 - 1,85) \cdot \left(\frac{25350}{1000} \right) = 114,92 \text{ руб.},$$

1.5.4. Экономический расчет заготовки – отливки, полученной методом литья в кокиль

$$m_{\text{заг}} = V \cdot \rho \cdot 10^{-6}; \quad \rho = 7,8 \cdot 10^{-6};$$

$$D_{\text{расч1}} = D_{\text{н1}} + 2z = 64 + 6,0 = 70 \text{ мм};$$

$$h_1 = 32 + 8 = 40 \text{ мм};$$

$$D_{\text{расч2}} = D_{\text{н2}} - 2z = 41 - 10,0 = 31 \text{ мм};$$

$$h_2 = 32 + 8 = 40 \text{ мм};$$

$$D_{\text{расч3}} = D_{\text{н3}} + 2z = 26 + 10,0 = 36 \text{ мм};$$

$$h_3 = 20 + 3,5 = 23,5 \text{ мм};$$

					ДП 44.03.04.739. ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$B_{расч4} = 64 + 6,0 = 70 \text{ мм}; \text{ ширина призмы 4}$$

$$L_{расч4} = 72 + 10 = 82 \text{ мм}; \text{ длина призмы 4}$$

$$h_4 = 18 + 7,0 = 25,0 \text{ мм};$$

$$B_{расч5} = 57 + 6,0 = 63 \text{ мм}; \text{ ширина призмы 5}$$

$$L_{расч5} = 132 + 10 = 142 \text{ мм}; \text{ длина призмы 5}$$

$$h_5 = 18 + 7,0 = 25 \text{ мм};$$

$$B_{расч6} = 22 + 7,0 = 29 \text{ мм}; \text{ ширина призмы 6}$$

$$L_{расч6} = 35 + 10,0 = 45 \text{ мм}; \text{ длина призмы 6}$$

$$h_6 = 18 + 4,0 = 22 \text{ мм}.$$

Зависимость для определения объёма детали будет иметь вид:

$$V_{\phi} = V_1 - V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6,$$

где $V_1 = \pi \cdot D_1 \cdot h_1 = 3,1416 \cdot 70 \cdot 40 = 8796,48 \text{ мм}^3,$

где D – диаметр цилиндра 1 – $\varnothing 70 \text{ мм}$; $h=40 \text{ мм}$ – высота цилиндра 1;

$$V_2 = \pi \cdot D_2 \cdot h_2 = 3,1416 \cdot 31 \cdot 40 = 3895,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = S \cdot h = 70 \cdot 82 \cdot 25 = 143500 \text{ мм}^3,$$

где S – площадь основания призмы, мм^2 ; $h=25 \text{ мм}$ – высота призмы;

$$V_4 = 63 \cdot 142 \cdot 25 = 223650 \text{ мм}^3,$$

$$V_5 = 3,1416 \cdot 29 \cdot 22 = 2004,3 \text{ мм}^3,$$

$$V_6 = 29 \cdot 45 \cdot 22 = 28710 \text{ мм}^3.$$

Объём детали равен:

$$V_{\phi} = 8796,48 - 3895,6 + 143500 + 223650 + 2004,3 + 28710 = 402765,2 \text{ мм}^3.$$

Принимая неизбежные технологические потери (угар, облой и т.д.) для стальных отливок равными 15-20%, определим расход материала на одну деталь:

Масса заготовки определяется по формуле:

$$m = V \cdot \rho$$

где $\rho_{45\text{ХН2МФА}} = 0,0078 \text{ г/мм}^3,$

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Тогда: $m = 402765,2 \cdot 0,0078 = 3141,6$ г или 3,1 кг

$$K_{им} = \frac{M_{чист}}{M_{заг}} = \frac{1,85}{3,1} = 0,6.$$

Определяем степень сложности поковки:

$$C = \frac{V_{п}}{V_{ф}} = \frac{314548,9}{402765,2} = 0,78$$

Степень сложности отливки СЗ [1, стр.87].

$$S_{заг} = \left(\frac{Ci}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_{п} \right) - (Q - q) \cdot \left(\frac{S_{отх}}{1000} \right) - \text{стоимость заготовки};$$

где $Ci = 72,6 - 118,22$ тыс. – базовая стоимость 1т заготовок, руб.[19, табл.12, с.12];

где $k_T, k_c, k_b, k_m, k_{п}$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок соответственно;

$k_T = 1,05$ [1, с.35-36]; $k_m = 1,08$; $k_c = 1,12$; $k_b = 0,53$; $k_{п} = 1,23$;

$Q = 3,1$ – масса заготовки, полученной методом литья в кокиль, кг;

$S_{отх} = 25,35$ тыс. – цена 1 т отходов, руб., [19, табл.13, с.12];

$q = 1,85$ – масса готовой детали, кг.

$$S_{заг} = \left(\frac{72600}{1000} \cdot 3,1 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 1,12 \cdot 1,23 \cdot 0,53 \right) - (3,1 - 1,85) \cdot \left(\frac{25350}{1000} \right) = 154,65 \text{ руб.},$$

Данные для расчета стоимости заготовок приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Данные для расчета стоимости заготовки по вариантам

Общие исходные данные	Наименования показателей	1-й вариант	2-й вариант
Материал детали – 45ХН2МФА	Вид заготовки	Штамповка	Литье в кокиль
		покованная на ГKM	
Масса детали – 1,85кг	Группа стали	M1	M1
	Степень сложности	C1	C3
	Класс точности	1	2
Годовая программа – 8000 шт.	Масса заготовки, кг	2,5	3,1
	Стоимость 1 т заготовок, тыс.руб.	40,8	72,6
Такт выпуска – 42 шт	Стоимость 1 т стружки, тыс.руб.	25,35	25,35
Тип производства – среднесерийное	Коэффициент использования материала $K_{н.м}$	0,74	0,6

$\Theta_3 = (C_{31} - C_{32}) * N$ - экономический эффект при сопоставлении способов получения заготовок, при которых технологический процесс механической обработки не меняется.

$$\Theta_3 = (154,65 - 114,92) \cdot 8000 = 874060 \text{ руб.}$$

Вывод: исходя из экономических расчетов, выбираем заготовку – поковку штампованную на горизонтально-ковочных машинах, т.к. она является экономичной, она изображена на рисунке 5.

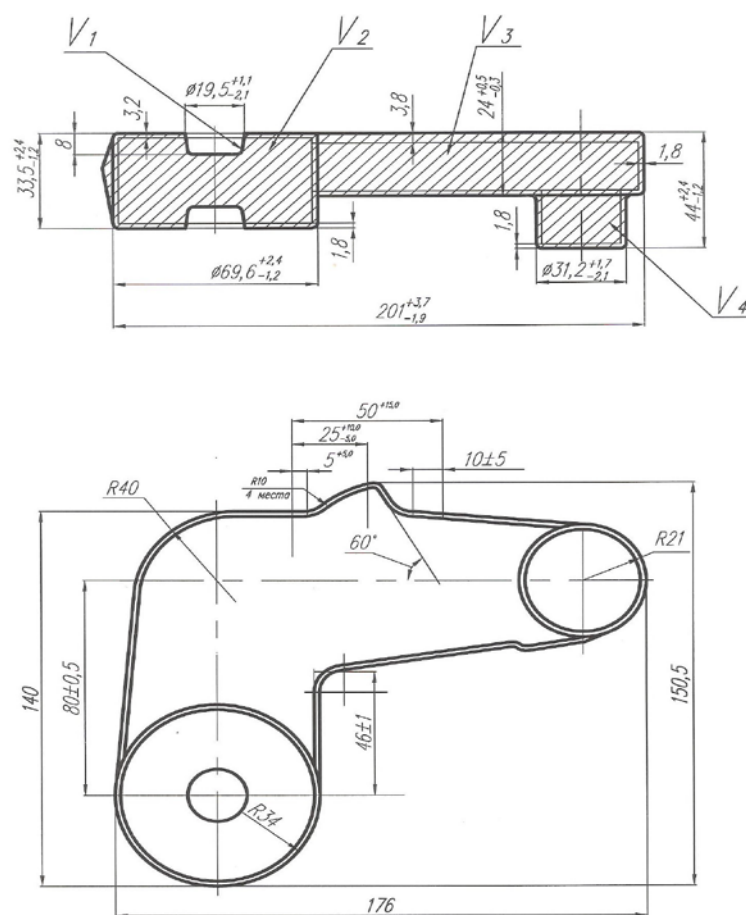


Рисунок 5 - Эскиз заготовки – штамповки детали «Кривошип»

1.6. Выбор технологических баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность размеров, получаемых в процессе обработки, выбор режущих инструментов и станочных приспособлений. Исходными данными для выбора баз является чертеж с техническими требованиями.

Основные принципы и требования к выбору технологических баз:

- принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимают основные базы, т.е. конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии. В случае несовпадения технологических и конструкторских баз возникает необходимость пересчета допусков, заданных конструктором, в сторону их уменьшения;

- принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы. Для соблюдения этого принципа часто создают базы, не имеющие конструктивного назначения (например, центровые гнезда у валов и т. п.);

- требование хорошей устойчивости и надежности установки заготовки.

Следует иметь в виду, что наибольшая точность достигается при условии использования на всех операциях механической обработки одних и тех же комплектов баз, т.е. при соблюдении принципа их единства.

Оценку точности базирования при выполнении каждой операции рекомендуется производить в следующем порядке:

1. Установить соблюдается ли принцип совмещения баз при выдерживании заданных размеров. При этом следует рассмотреть основные размеры или группы идентичных размеров детали по различным координатным направлениям (например, для призматической детали – линейные размеры, плоскостность и параллельность поверхностей, прямолинейность и др.). Если указанный принцип соблюдается, погрешность базирования равна нулю, а анализ точности базирования на этом заканчивается.

2. Если принцип совмещения баз не соблюдается, установить, оказывает ли это влияние на точность обработки по данным параметрам. Следует иметь в виду, что в ряде случаев точность размеров обеспечивается за счет наладки инструментов относительно друг друга и от базирования не зависит.

Операции 010. Вертикально-фрезерная

Станок вертикально-фрезерный 6520

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

На рассматриваемой операции обрабатываем поверхности 2, 6. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве черновой базы выбрана необработанная плоская поверхность 16 и торцы 22, 11 (рис. 5).

Поверхность 16, исходя из ее протяженности, принята в качестве двойной направляющей базы. Она лишает заготовку четырех степеней свободы (перемещение вдоль двух осей и поворота относительно этих же осей)

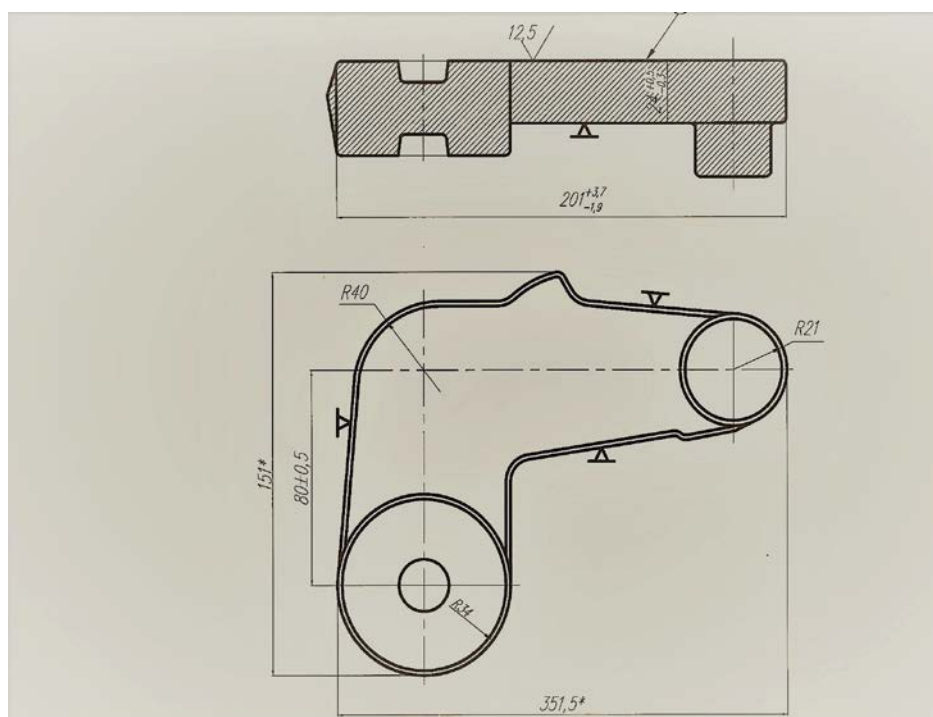


Рисунок 6 - Схема базирования заготовки на операции 010

Поверхности 11 и 22 приняты в качестве опорной базы. Они лишают заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль одной оси).

Основания, послужившие для выбора черновых баз:

- 1) поверхности черновых баз обеспечивают достаточно устойчивое положение заготовки в приспособлении;
- 2) на данном установе ведется обработка поверхности, к точности и качеству которой не предъявляются высокие требования.

Эта схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т.к. заготовка оказывается лишенной пяти степеней свободы (три перемещения и два поворота относительно координатных осей).

Данная ориентация достаточна для обеспечения точности обрабатываемых поверхностей в горизонтальной плоскости.

Операция 015. Комплексная с ЧПУ

Обрабатывающий центр DMC 60 U

Установ А

На рассматриваемом установе требуется обработать поверхности 18, 19, 20, 21, 15,12,14 ,13 , 9, 1, 17,16. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз выбраны обработанные поверхности на предыдущей операции плоская поверхность 6 и 11.

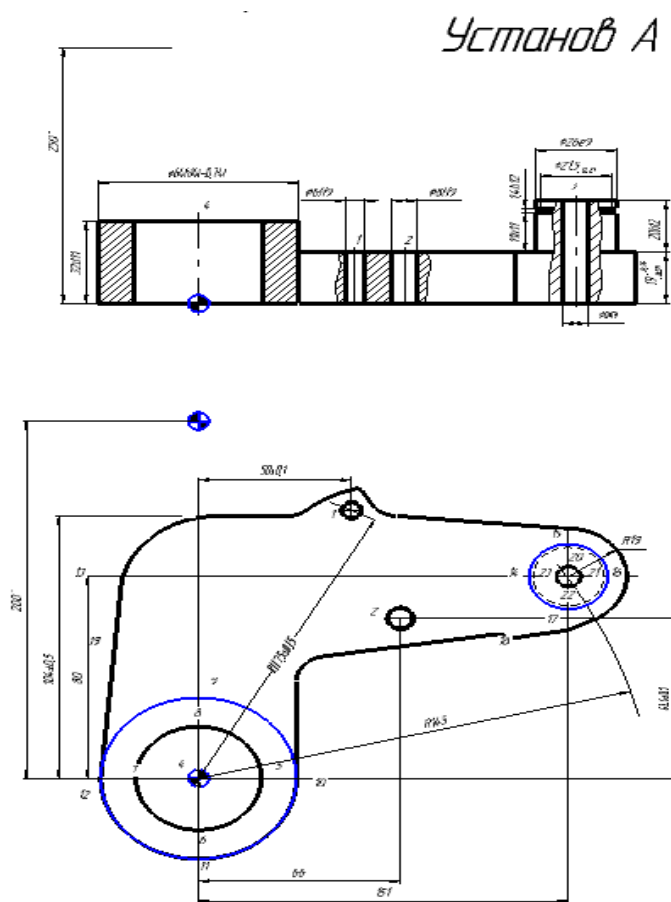


Рисунок 7 - Схема базирования заготовки на операции 015 установ А

Поверхности 11 и 6 приняты в качестве двойной опорной базы. Они лишают заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

Такая схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т.к. заготовка оказывается лишенной пяти степеней свободы (три перемещения и два поворота относительно координатных осей).

Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

Установ Б

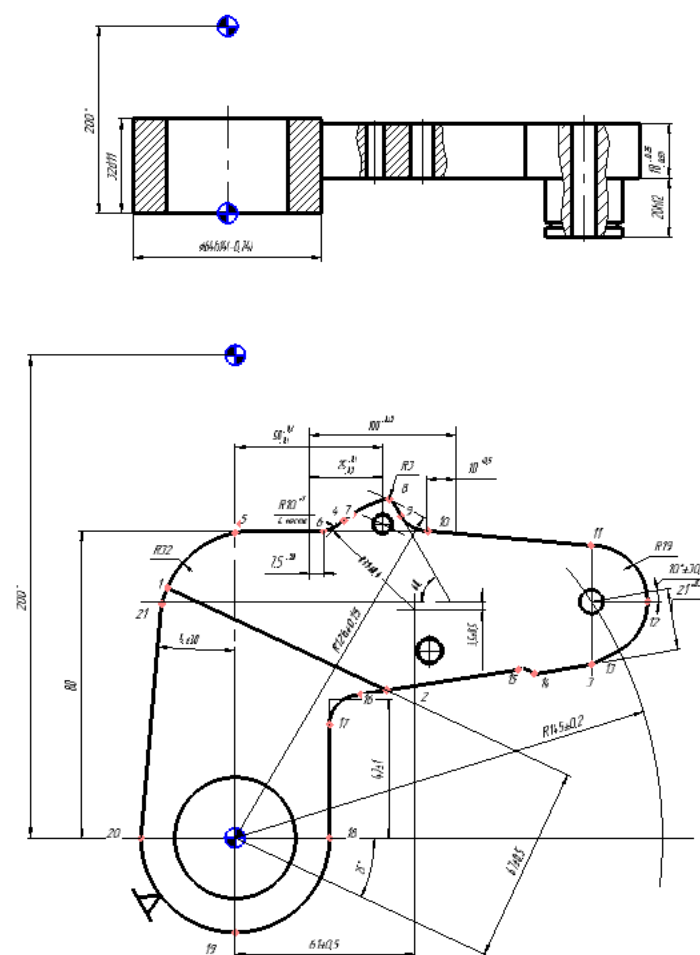


Рисунок 8 - Схема базирования заготовки на операции 015 установ Б

На рассматриваемом установе требуется обработать оставшиеся необработанные поверхности 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 35, 31, 32, 33, 34, 20. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз выбраны обработанные торцовые поверхности 12, 15, 18.

Поверхности 1 и 9 приняты в качестве двойной направляющей базы. Они лишают заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль одной оси и поворота относительно ее).

Поверхности 18 и 12 приняты в качестве опорной базы. Они лишают заготовку четырех степеней свободы (перемещения вдоль двух осей и поворота относительно их).

Эта схема установки обеспечивает полную ориентацию заготовки в системе координат станка, т.к. заготовка оказывается лишенной шести степеней свободы (три перемещения и три поворота относительно координатных осей).

Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

Вывод: Точность обеспечивается наладкой станка и инструментов.

Операция 020. Протяжная

Горизонтально-протяжной полуавтомат 7Б55

На данной операции требуется обработать поверхности 38, 39, 40. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз выбраны обработанные на предыдущих операциях плоские поверхности 2 и 6.

Поверхности 19 и 22, в соответствии с ее размерами и положением относительно обрабатываемых поверхностей, выбраны в качестве установочной базы, которые лишают заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль оси и поворота относительно этой оси).

Поверхности 2 и 6 приняты также в качестве двойной опорной базы. Они лишают заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

Такая схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т.к. заготовка оказывается лишенной четырех степеней свободы (два перемещения и два поворота относительно координатных осей).

Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

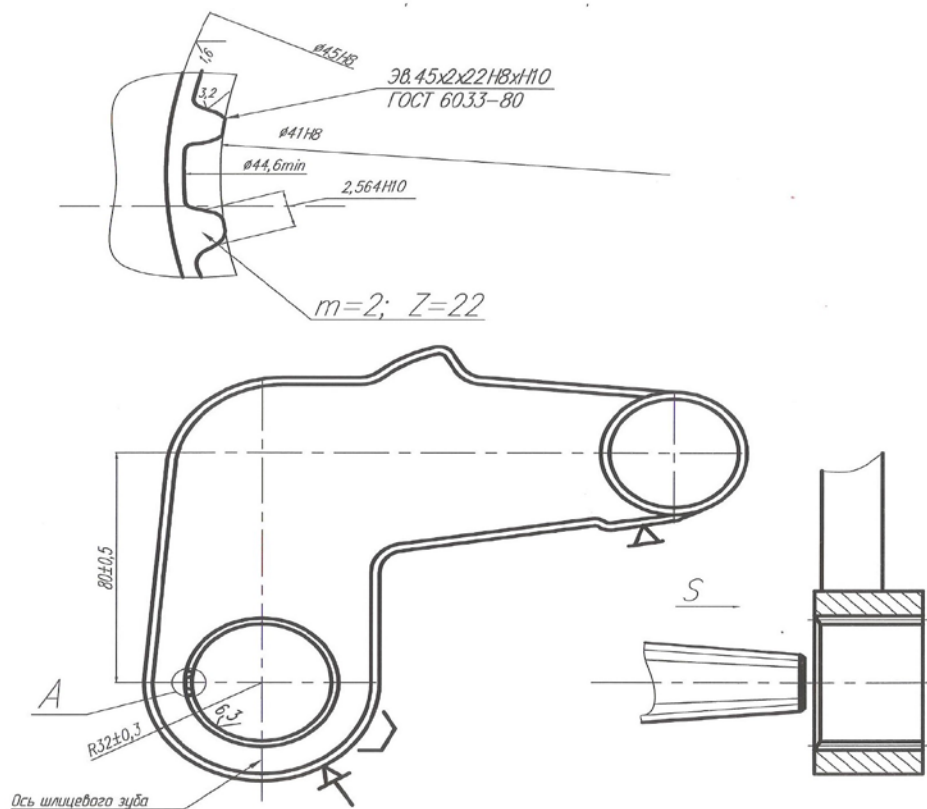


Рисунок 8 – Схема базирования заготовки на операции 020

Операция 025 Шлифовальная

Станок плоскошлифовальный 3Е721АФ1-1

Установ А

На данной операции требуется обработать поверхность 2. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз были попеременно выбраны обработанные на предыдущих операциях плоские поверхности 6 и 12, поверхность отверстия 1.

Поверхности 1 и 6, в соответствии с их размерами и положением относительно обрабатываемых поверхностей, выбраны в качестве установочной базы, которая лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль одной оси и поворота относительно этой же оси).

Поверхность 12 принята в качестве двойной опорной базы. Она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

Такая схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т.к. заготовка оказывается лишенной четырех степеней свободы (два перемещения и два поворота относительно координатных осей).

Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

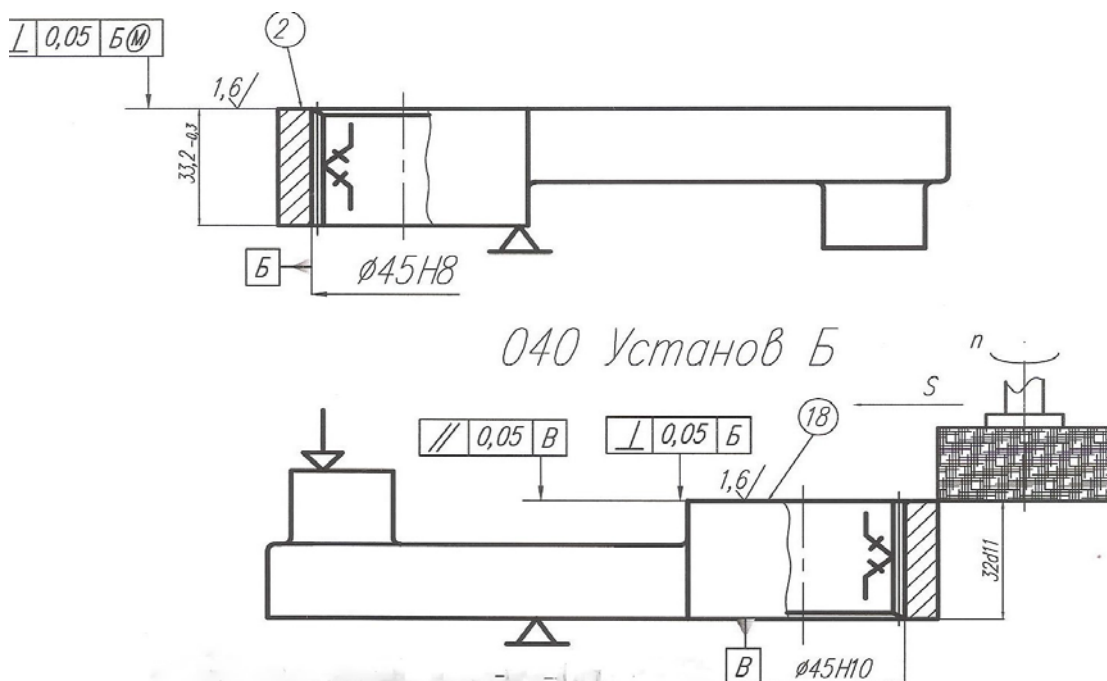


Рисунок 9 – Схема базирования заготовки на операции 025 установ А
Установ Б

На данной операции требуется обработать поверхность 18. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз были попеременно выбраны обработанные на предыдущих операциях плоские поверхности 1 и 6, 12.

Поверхности 1 и 6, в соответствии с их размерами и положением относительно обрабатываемых поверхностей, выбраны в качестве установочной базы, которая лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль одной оси и поворота относительно этой же оси).

Поверхность 12 принята в качестве двойной опорной базы. Она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

Такая схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т.к. заготовка оказывается лишенной четырех степеней свободы (два перемещения и два поворота относительно координатных осей).

Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

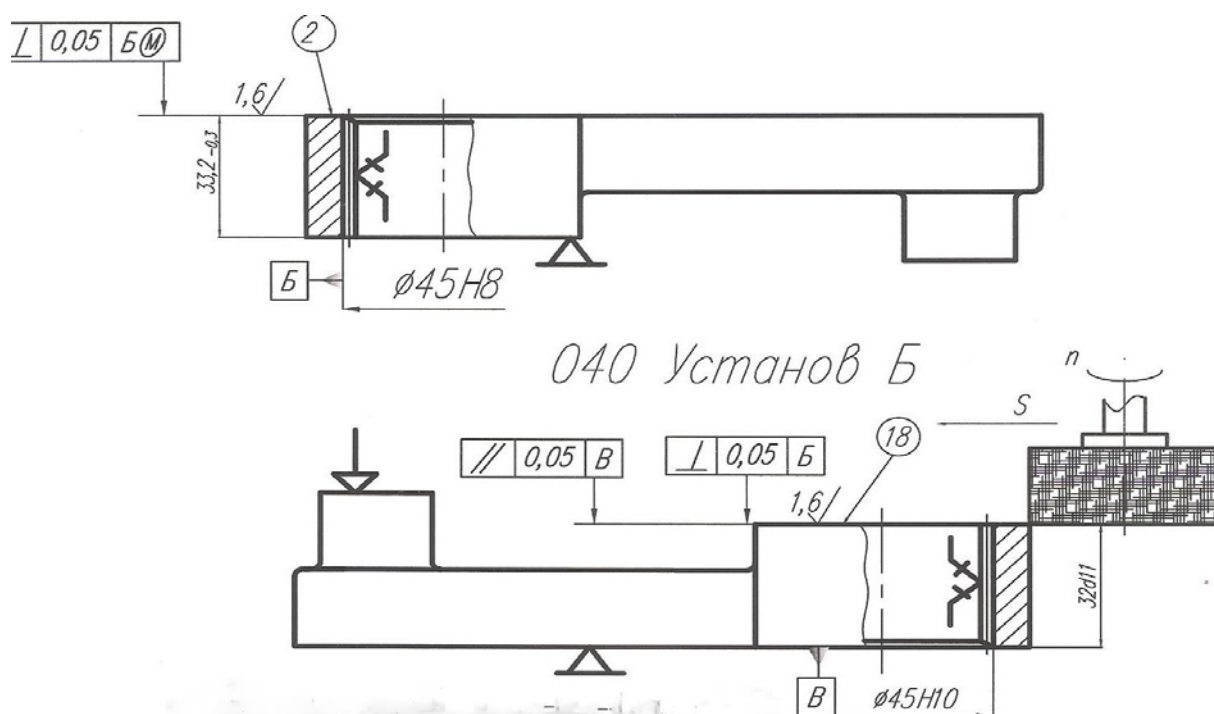


Рисунок 10 – Схема базирования заготовки на операции 025 установ Б

1.7. Разработка технологического маршрута обработки детали

Разрабатываемый технологический процесс должен быть прогрессивным, обеспечивать повышение производительности труда и качества деталей, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшение вредных воздействий на окружающую среду.

В усовершенствованном технологическом процессе предлагается заменить универсальное оборудование (вертикально-фрезерный станок для обработки детали по контуру, расточной станок для сверления 3-х ответственных отверстий) на обрабатывающий центр DMC 60U.

Таблица 10 – Технологический маршрут обработки детали

Эскиз	Маршрут обработки
1	2
010 Вертикально-фрезерная	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить, закрепить деталь. 2. Фрезеровать пов. 2 предварительно. 3. Фрезеровать пов.6 предварительно. 4. Снять деталь.
015 Комплексная с ЧПУ	
<p><i>Установ А</i></p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить, выверить закрепить деталь. 2. Центровать отв., пов.3,5,9 3. Сверлить отв., пов.3 4. Сверлить отв., пов.5,9 5. Фрезеровать 2 фаски 1x45 6. Сверлить отв. пов.1 7. Фрезеровать наружную канавку пов. 13,14 8. Расфрезеровать отв. пов.1 9. Фрезеровать две бобышки и поверхность 16, 12, 18. 10. Переустановить деталь.

Продолжение таблицы 10

<p style="text-align: center;">Установ Б</p>	<ol style="list-style-type: none"> Фрезеровать пов.6 Фрезеровать деталь по контуру Снять деталь.
	<p style="text-align: center;">020 Протяжная</p>
	<ol style="list-style-type: none"> Установить деталь, выверить, закрепить. Протянуть шлицевое отв., пов.36, 37 предварительно. Протянуть шлицевое отв., пов.36, 37 окончательно. Срезать один шлиц, пов.37 Снять деталь.

Окончание таблицы 10

1	2
025 Шлифовальная	
<p><u>Установ А</u></p> <p><u>Установ Б</u></p>	<p><u>Установ А</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить, выверить, закрепить деталь. 2. Шлифовать плоскость пов.2. 3. Размагнитить деталь. <p><u>Установ Б</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить, выверить, закрепить деталь. 2. Шлифовать плоскость пов.18. 3. Размагнитить деталь.

1.8. Выбор технологического оснащения

Прогрессивным направлением автоматизации производства является применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ). В современных условиях широко распространяется такой вид программного оборудования, как обрабатывающие центры. Они представляют собой многооперационные станки с автоматической сменой инструмента. В нашем случае, в процессе механической обработки детали «Кривошип» применяем токарно-фрезерный обрабатывающий центр DMC 60U.



Рисунок 11 - Токарно-фрезерный обрабатывающий центр DMC 60U

Универсальный обрабатывающий центр для производства, с коротким временем от стружки до стружки и высокой точностью, устанавливает новые масштабы в высокопроизводительной обработке по 5 осям. Концепция duoBLOCK® позволяет реализовать сочетание продуктивности с универсальностью по 5 осям благодаря быстрому цепному магазину и поворотному устройству автоматической смены паллет, также высокоточному NC-круглому столу и устанавливаемой в качестве опции NC-управляемой поворотной фрезерной головки в качестве оси В. Еще один отличительный признак этой конструкции – это большая, хорошо доступная рабочая зона, размером 600 x 700 x 600 мм при небольших размерах установочной площади. Наряду с быстрым, устанавливаемым стандартно, устройством автоматической смены паллет в программе имеется еще и другая опция — дисковый накопитель RS4, RS5 или RS10.

Быстрое устройство смены поддонов для настройки в ходе технологического процесса в стандартном исполнении.

Одновременная обработка по 5 осям на вращающемся столе с ЧПУ и по оси В с ЧПУ в стандартном исполнении.

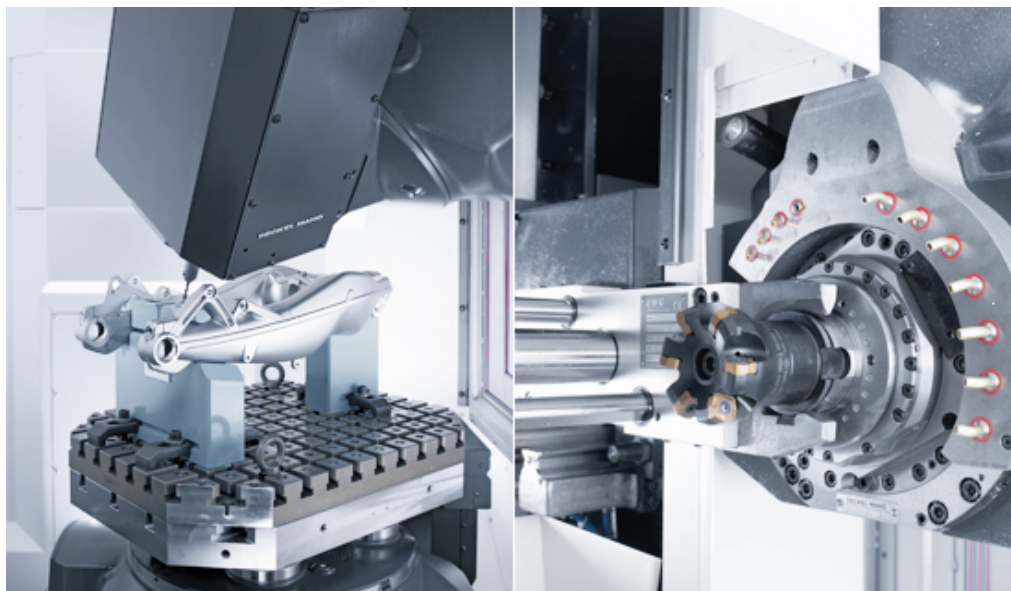


Рисунок 12 – Поворотный стол

Производственное исполнение: резервуар для охлаждающей жидкости объемом 980 л, ICS 40 бар через центр шпинделя, бумажный ленточный фильтр, транспортер стружки и Rotoclear.

Цепной магазин на 60 мест, до 180 мест в качестве опции.

Технические характеристики станка

Ось X / Y / Z	мм	600 / 700 / 600
Главный привод (40 / 100% о. д. в.)	кВт	28 / 121
Крутящий момент (40 / 100% о. д. в.)	Нм	121 / 82
Частота вращения до	об/мин	12000 (18000 / 24000)*
Скоростной ход и подача X / Y / Z	м/мин	60
Крепление инструмента		SK40 (HSK-A63*)
Кол-во мест в магазине	мест	60 (120 / 180)*
Число палет	шт	2
Размер палет	мм	ø 630 x 500
Макс. нагрузка	кг	600

Управление станка

Панель управления DMG с экраном 19" и программным обеспечением 3D для моделирования деталей;

DMG MORI с Siemens 840D solutionline;

Простейшее интерактивное программирование на базе сценария диалога с пользователем для точения и фрезерования;

Новый пользовательский интерфейс SINUMERIK Operate;

АТС (опция), 3D quickSET® (опция);

Высокопроизводительный процессор (1,85 ГГц) и блок управления, рабочая память 1 ГБ;



Рисунок 12 – Панель управления

Время пакетной обработки данных около 0,6 мс;

Функция опережения для 105 пакетов;

Графическое моделирование последовательности операций по обработке в горизонтальной проекции, трехуровневое и трехмерное представление, синхронное графическое представление во время процесса обработки;

Трехмерная обработка, трехмерная коррекция инструмента в качестве опции с помощью вектора нормали к поверхности;

MDynamics, дополнительная оптимизация качества поверхности и скорости, а также сглаживания переходных условий при обработке поверхностей.

1.9. Выбор режущего инструмента

При проектировании технологического процесса механической обработки детали «Кривошип» выбираем универсальный стандартный режущий инструмент современных высокопроизводительных конструкций, оснащенный твердым сплавом (экономичный в условиях серийного производства). Для комплексной обработки на станке DMC 60U используем режущий инструмент фирмы SECO.

Режущий инструмент шведской фирмы SECO является современным, качественным и высокоэффективным. В нем нашли свое воплощение все передовые технологии резания и создания новых твердосплавных материалов для режущих вставок. Особо эффективно его применение при обработке твердосплавных и закаленных деталей (например, штампов и пресс-форм), операций, где весь цикл обработки необходимо выполнить одним инструментом и с одной установки, и многих других. Использование инструмента SECO позволяет значительно повысить производительность труда - не требуется время на переточку, на более частую переустановку износившегося инструмента. Многофункциональность инструмента SECO позволяет сократить его номенклатуру и запасы на складе, повысить производительность оборудования.

Благодаря сочетанию современных твердых сплавов и оптимальной геометрии режущие пластины и вставки SECO позволяют обрабатывать практически любые материалы с твердостью до 60HRC, а пластины серии SECOMAX, созданные на основе кубического нитрида бора, отлично работают на обработке закаленных сталей твердостью 45-65 HRC.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Фрезерный инструмент - концевые фрезы Minimaster

Фрезы Minimaster с тремя спиральными режущими кромками обеспечивают легкое и чистое резание. Хороший отвод стружки предотвращает возможность поломки инструмента, а внутренняя подача СОЖ позволяет использовать интенсивные режимы резания.

Характерные особенности:

- 1) диапазон диаметров 6-20 мм;
- 2) жесткость составной концевой фрезы Minimaster не уступает жесткости цельного или напайного инструмента;
- 3) возможность обработки материалов с твердостью до 65 HRC;
- 4) использование одной державки для широкой гаммы вставок для фрезерования и сверления;
- 5) высокая производительность и точность обработки благодаря оригинальному креплению вставки на фрезе: замена вставки осуществляется без извлечения инструмента из шпинделя станка;
- 6) экономия денежных средств: при замене изношенной фрезы меняется не весь инструмент, а только режущая вставка.



Рисунок 13 - фрезы Minimaster

QuattroMill™ фрезы для торцевого фрезерования

- 1) Для широкого круга операций торцевого фрезерования большинства материалов;
 - 2) Эффективный режущий угол - до 35°
- Прочные квадратные режущие пластины с возможностью обработки с глубиной до 6 мм и с меняющимися условиями резания.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

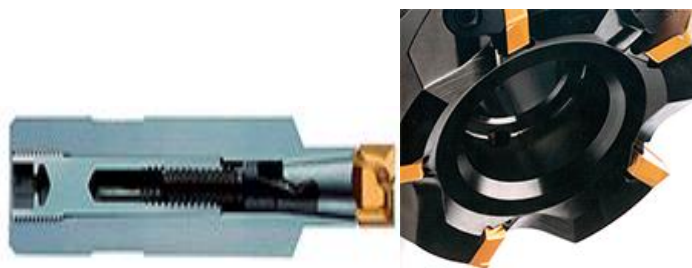


Рисунок 14 – Фрезы HEXAMILL

Фрезы HEXAMILL с фиксированными гнёздами

Семейство кассетных фрез Нехамилл для высокопроизводительной торцевой обработки с глубиной резания до 8 мм расширено фрезами диаметром от 63 до 160 мм с фиксированными гнёздами для пластин.

Для получения наилучших результатов от использования фрез Нехамилл, минимальная требуемая мощность станка - 20 кВт и наименьший размер конуса - ISO 50.

Новые сплавы DURATOMIC для фрезерования



Рисунок 14- Сплавы MP 1500 и MP 2500 для обработки стали

Новые сплавы SECO для фрезерования

- Сплавы DURATOMIC - MP1500, MP 2500, MK1500, MK300
- Сплавы с PVD покрытием - MK2000, MH1000

Большой диапазон пластин выпускается из кубического нитрида бора (CBN) для токарной и фрезерной обработки закаленных материалов.



Рисунок 15 – Сплавы SECO

Осевой инструмент для сверления и обработки отверстий

Позволяет выполнять сверление отверстий диаметрами от 3 до 99 мм. Самоцентрирующая геометрия инструмента позволяет получать отверстия высокого качества без зацентровки и последующей доработки.

Сверла из твердого сплава: цельные, напайные, составные с различными видами крепления;

Сверла со сменными пластинами (Crownlock, Perfomax);

Комбинированный инструмент (поставляется на заказ);

Сверла с каналами для внутреннего подачи СОЖ;

Развертки со сменными режущими пластинами (Bifix и Precimaster);

Характерные особенности сверл Crownlock:

жесткость инструмента и точность сверления отверстий не уступают сверлам с напаянными пластинами;

использование одной державки для сверления отверстий различных диаметров; нет необходимости в наладке инструмента после замены режущих пластин.

Занесем пооперационно выбранный инструмент в таблицу 11.

Таблица 11 – Режущий инструмент для механической обработки детали

Операции	Режущий инструмент
1	2
005 Вертикально-фрезерная	Фреза торцевая Ø50 ГОСТ 9473-80;
015 Комплексная с ЧПУ	Сверло центровочное SD202-4.2-17-6R1 Сверло Ø7,8- 5525-7,8-57-8R1; Сверло Ø6- SD203F-6-45-6R1; Фреза фасочная Ø10x90-MM10-10005-C90-M03 T60M; Сверло Ø20 SD207A-20-57-10R1; Фреза дисковая Ø63 R335,15-063-03.22-5; Фреза концевая Ø20- 3577856-JS513240P4C-0Z3-NXT; Фреза концевая Ø32- R220.96-0050-08-5A Фреза торцевая Ø50 R220.96-0050-08-5A

Окончание таблицы 11

1	2
020 Протяжная	Протяжка 2200-0315 Ø40Н9 ГОСТ 20365-74;
025 Шлифовальная	Круг шлифовальный ГОСТ 17123-79;

1.10. Выбор мерительного инструмента

Выбор средств технологического контроля для детали «Кривошип» приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Контрольно-измерительный инструмент

Наименование операции	Контрольно-измерительный инструмент
1	2
005 Вертикально-фрезерная	- ШЦ-I-300-0,1 по ГОСТ 166-93;
015 Комплексная с ЧПУ	- ШЦ-I-300-0,1 по ГОСТ 166-93; - Калибр проходной Ø6Н9 ГОСТ 14810-69 - Калибр непроходной Ø6Н9 ГОСТ 14810-69 - Шаблон для фаски 16,5 h14 - Калибр проходной Ø8Н9 ГОСТ 18360-93 - Калибр непроходной Ø8Н9 ГОСТ 18360-93 - Скоба 18b12 22М-4280; - Скоба 28h11; - Шаблон для фаски; - Набор калибров радиусных; - Комплексный калибр формы; - Прибор для контроля расположения Ø26e9; - Набор образцов шероховатости ГОСТ 9378-93; - Щуп 1,4Н12
020 Протяжная	- Калибр-пробка проходной Ø39 - Калибр-пробка непроходной Ø39 - Шаблон для фаски 120°; - Шаблон на профиль зуба 32М-2803; - Калибр приемный эв.45x2x22А2а S3а 12М-1002;
025 Шлифовальная	- Калибр комплексный (проходной и непроходной, предварительный и окончательный); - Индикатор ИЧ 05 кл.1 ГОСТ 577-68; - Скоба листовая Ø64h14 21М-2491-870; - Шаблон на p-p 12h11;

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

2.1. Расчет припусков на механическую обработку

Расчётно-аналитический метод определения припусков на отверстие диаметром Ø41H8(^{+0,039}), табличный метод - остальные поверхности. Данные расчетов сведены в таблицу 13.

Таблица 13 - Определение припусков на поверхность отверстия Ø41H8

Технологические переходы обр-ки пов. Ø 41H8(^{+0,039})	Элементы припуска, мкм				Расчётный припуск 2 z _{min} , мкм	Расчетный размер D _p ,	Допуск, δ мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мм	
	Rz	T	ρ	ε				D min	D max	$\frac{2Z}{np}$ min	$\frac{2Z}{np}$ max
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Заготовка 1	160	200	52	150	2*519	38,0	2,6	35,4	38,0	-	-
2. Сверление отв. Ø30	50	75	3,12	186	2*311	40,6	0,25	40,35	40,6	2,6	4,95
3. Рассверливание отв. Ø40,5	30	25	0	11,2	2*66	40,9	0,12	40,78	40,9	0,3	0,43
4. Развертывание отв. Ø41H8	5	12	0	0	2*17	41,0	0,03 ₉	41,0	41,03 ₉	0,139	0,22

Пространственное отклонение по кривизне заготовки для отверстий определяется по формуле:

$$\rho_{зак} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2},$$

где ρ – суммарное значение пространственных отклонений; ρ_{кор} – коробление отверстия, мм; ρ_{см} – смещение отверстий, прошиваемых на ГКМ, мм.

Технологический маршрут на механическую обработку отверстия Ø41H8:

Сверлильная (сверлить отв. Ø30 мм)

Сверлильная (рассверлить отв. до Ø40,5 мм)

Сверлильная (развернуть отв. до Ø41H8)

Точность и качество поверхности после механической обработки устанавливается по таблице [3, табл.3.25, с.67].

Допуски на изготовление детали назначаются по таблицам ГОСТ 7505-74, на размеры, подлежащие обработке по ГОСТ 25347-82.

Элементы припусков $R_z = 160\text{мкм}$ и $T = 200\text{мкм}$ (для штампованных заготовок), назначаем в зависимости от метода обработки поверхностей заготовки и состояния поковки [3, табл.3.23, с.66].

Погрешность закрепления $\varepsilon_{\text{зак}} = 150\text{ мкм}$ заготовок, изготавливаемых объемной штамповкой на кривошипных прессах, при осевом смещении закрепляемой поверхности, выбираем по таблице 3.26 [3].

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} = \sqrt{(1 \cdot 41)^2 + (1 \cdot 32)^2} = 52\text{ мкм},$$

где $\Delta_k = 1$ – удельное коробление паковок, мкм/мм;

$d=41$ – диаметр обрабатываемого отверстия, мм;

$l=32$ – длина обрабатываемого отверстия, мм;

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_{\text{кор.з}},$$

где K_y – коэффициент уточнения [3, табл. 3.19, с.61].

$$\rho_{\text{ост.1}} = 0,06 \cdot 52 = 3,12\text{мкм};$$

$$\rho_{\text{ост.2}} = 0,05 \cdot 3,12 = 0,156\text{мкм};$$

$$\rho_{\text{ост.3}} = 0,04 \cdot 0,156 = 0,006\text{мкм}.$$

Погрешность установки ε_y на заготовку:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2},$$

где $\varepsilon_{\text{баз}}$ – погрешность базирования, мкм;

$\varepsilon_{\text{зак}}$ – погрешность закрепления заготовки, мкм;

$\varepsilon_{\text{баз}}$ - на выполняемом переходе возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке в призмах приспособления:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,5\delta_D = 0,5 \cdot 0,039 = 0,019 \text{ мкм}; [9, \text{табл.25, с.71}]$$

где δ_D – допуск на диаметр, выполняемого отверстия;

$$\varepsilon_{\text{зак}} = K_z \cdot b = 5,8 \cdot 32 = 185,6 \text{ мкм},$$

где $K_z=5,8$ – коэффициент, зависящий от характеристики поверхностей, воспринимающих силу зажима после черновой обработки [3, с.61];

$b=32\text{мм}$ – ширина поверхности заготовки.

$$\varepsilon_{y \text{ заг}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2} = \sqrt{0,019^2 + 185,6^2} = 186 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{y \text{ св.}} = 0,06 \cdot \varepsilon_{y \text{ заг}} = 0,06 \cdot 186 = 11,2 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{y \text{ рассв.}} = 0,05 \cdot \varepsilon_{y \text{ св.}} = 0,05 \cdot 11,2 = 0,56 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{y \text{ разверт.}} = 0,04 \cdot \varepsilon_{y \text{ рассв.}} = 0,04 \cdot 0,56 = 0,02 \text{ мкм};$$

Расчетный минимальных и максимальных припусков на чистовую обработку отверстия в детали определяем по формулам:

$$2Z_1 \min = 2(R_z i - 1 + T i - 1 + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{\gamma-1}^2})$$

Минимальный припуск на заготовку:

$$2Z \min_1 = 2 \cdot (160 + 200 + \sqrt{52^2 + 150^2}) = 2 \cdot 519 \text{ мкм}$$

на сверление:

$$2Z \min_2 = 2 \cdot (50 + 75 + \sqrt{3,12^2 + 186^2}) = 2 \cdot 311 \text{ мкм}$$

на рассверливание:

$$2Z \min_3 = 2 \cdot (30 + 25 + \sqrt{11,2^2}) = 2 \cdot 66 \text{ мкм}$$

Развертывание:

$$2Z \min_4 = 2 \cdot (5 + 12) = 2 \cdot 17 \text{ мкм}$$

Графу «Расчётный размер» заполняем, начиная с конечного (в данном случае чертёжного) размера последовательным вычитанием расчётного минимального припуска каждого технологического перехода:

Для развертывания: $d_{4 \text{ расч}} = 41,039 - 0,039 = 41,000 \text{ мм};$

Для рассверливания: $d_{3 \text{ расч}} = 41,000 - 0,12 = 40,88 \text{ мм};$

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Для сверления: $d_{2\text{расч}} = 40,88 - 0,25 = 40,63 \text{ мм};$

Для заготовки: $d_{1\text{расч}} = 40,63 - 2,6 = 38,03 \text{ мм}.$

Таким образом, имея расчетный (чертежный) размер, после последнего перехода (в данном случае развертывания $\varnothing 41,039\text{мм}$) для остальных переходов получаем:

$$D_{\text{max}4} = 41,039 \text{ мм};$$

$$D_{\text{max}3} = 40,9 \text{ мм};$$

$$D_{\text{max}2} = 40,6 \text{ мм};$$

$$D_{\text{max}1} = 38,0 \text{ мм}.$$

Значения допусков каждого перехода принимаем в соответствии с квалитетов того или иного вида обработки.

Наибольший предельный размер определяем округлением расчётных размеров в сторону уменьшения их значения.

Наименьшие предельные размеры определяем вычитанием допусков от наибольших предельных размеров:

$$D_{\text{min}4} = D_{\text{max}4} - \delta_4 = 41,039 - 0,039 = 41,0 \text{ мм};$$

$$D_{\text{min}3} = D_{\text{max}3} - \delta_3 = 40,9 - 0,12 = 40,78 \text{ мм};$$

$$D_{\text{min}2} = D_{\text{max}2} - \delta_2 = 40,6 - 0,25 = 40,35 \text{ мм};$$

$$D_{\text{min}1} = D_{\text{max}1} - \delta_1 = 38 - 2,6 = 35,4 \text{ мм}.$$

Минимальные предельные значения припусков $Z_{\text{min}}^{\text{np}}$ равны разности наибольших предельных размеров, а максимальные значения $Z_{\text{max}}^{\text{np}}$ — соответственно разности наименьших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов:

$$2Z_{\text{min}4}^{\text{np}} = D_{\text{max}4} - D_{\text{max}3} = 41,039 - 40,9 = 0,139 \text{ мм} = 139 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{min}3}^{\text{np}} = D_{\text{max}3} - D_{\text{max}2} = 40,9 - 40,6 = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{min}2}^{\text{np}} = D_{\text{max}2} - D_{\text{max}1} = 40,6 - 38 = 2,6 \text{ мм} = 2600 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{max}4}^{\text{np}} = D_{\text{min}4} - D_{\text{min}3} = 41,00 - 40,78 = 0,22 \text{ мм} = 220 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{max}3}^{\text{np}} = D_{\text{min}3} - D_{\text{min}2} = 40,78 - 40,35 = 0,43 \text{ мм} = 430 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{max}2}^{\text{np}} = D_{\text{min}2} - D_{\text{min}1} = 40,35 - 35,4 = 4,95 \text{ мм} = 4950 \text{ мкм};$$

Общие припуски $Z_{\text{оmin}}$ и $Z_{\text{оmax}}$ определяем, суммируя промежуточные припуски и записываем их значения внизу соответствующих граф.

$$Z_{\text{min}_{\text{общ}}} = 3039 \text{ мкм};$$

$$Z_{\text{max}_{\text{общ}}} = 5600 \text{ мкм}.$$

Общий номинальный припуск:

$$Z_{\text{оном}} = Z_{\text{оmin}} + B_z + B_d = 3039 + 200 - 12 = 3227 \text{ мкм};$$

Номинальный диаметр развернутого отверстия:

$$d_{1\text{ном}} = d_{\text{д ном}} - Z_{\text{оном}} = 41 - 3,227 = 37,773 \text{ мм}$$

Произведём проверку правильности расчётов.

$$2Z_{\text{max}_3}^{\text{пр}} - 2Z_{\text{min}_3}^{\text{пр}} = \delta_{\text{заг}} - \delta_1;$$

$$2Z_{\text{max}_2}^{\text{пр}} - 2Z_{\text{min}_2}^{\text{пр}} = \delta_1 - \delta_2;$$

$$2Z_{\text{max}_1}^{\text{пр}} - 2Z_{\text{min}_1}^{\text{пр}} = \delta_2 - \delta_3;$$

$$2Z_{\text{max}_3}^{\text{пр}} - 2Z_{\text{min}_3}^{\text{пр}} = 0,22 - 0,139 = 0,081 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{max}_2}^{\text{пр}} - 2Z_{\text{min}_2}^{\text{пр}} = 0,43 - 0,3 = 0,13 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{max}_1}^{\text{пр}} - 2Z_{\text{min}_1}^{\text{пр}} = 4,95 - 2,6 = 2,35 \text{ мкм};$$

$$\delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 2,6 - 0,25 = 2,35 \text{ мкм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 0,25 - 0,12 = 0,13 \text{ мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 0,12 - 0,039 = 0,081 \text{ мкм}.$$

Следовательно расчёты выполнены верно - припуски рассчитаны верно.

Припуски на остальные поверхности детали определяем табличным методом по таблицам [3], [8], [12].

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

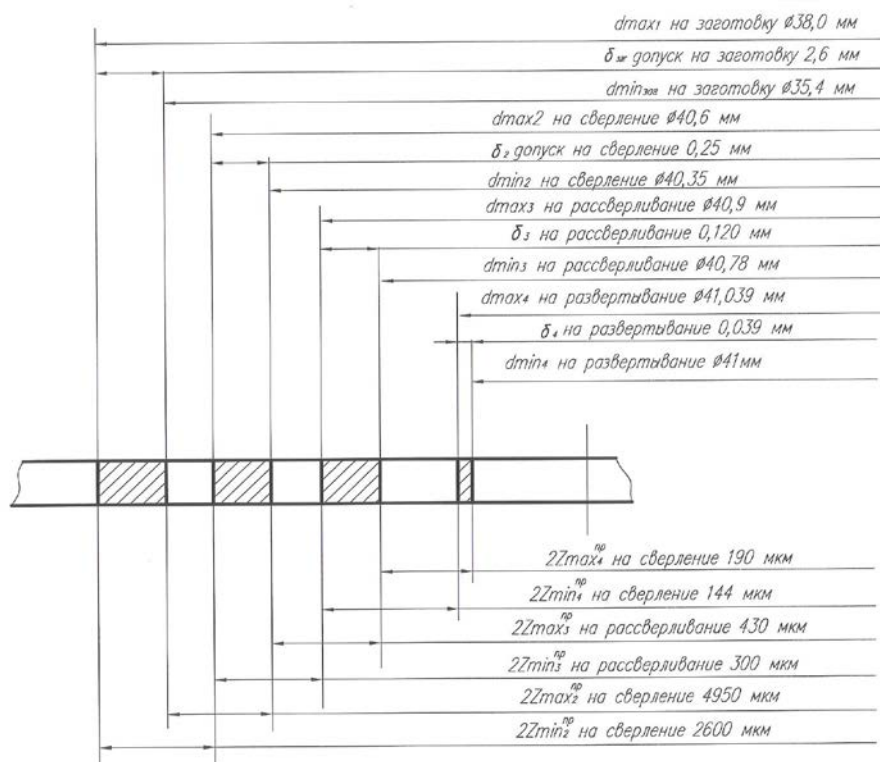


Рисунок 14 – Схема расположения припусков и допусков, на отверстие диаметром $\varnothing 41H8$

Таблица 14 – Статический метод определения припусков

Поверхность Размер по чертежу	Размер		Припуск		Допуск δ , мм	Отклонение		Шеро- хова- тость
	H_{max}	$H_{ном}$	Z_{max}	$Z_{ном}$		верхнее	нижнее	
1. $\varnothing 23h11$	23	22,87	1,2	0,55	2,0	-	-0,13	Ra 6,3
2. $\varnothing 64h14$	64	63,26	1,75	0,7	2,0	-	-0,74	Ra 6,3
3. $\varnothing 21,5_{-0,21}$	21,5	21,29	1,2	0,55	0,09	-	-0,21	Ra 3,2
4. $\varnothing 6H9$	6,030	6,0	1,0	0,4	0,09	+0,030	-	Ra 6,3
5. $\varnothing 8H9$	8,036	8,0	1,0	0,4	0,09	+0,036	-	Ra 2,5
6. $\varnothing 26e9$	25,96	25,908	1,2	0,55	0,4	-0,040	-0,092	Ra 6,3
7. $\varnothing 8H7$	8,015	8	1,0	0,4	0,09	+0,015	-	Ra 3,2
8. $L=18_{-0,25}^{-0,50}$	18,25	17,5	1,4	0,8	0,3	-0,25	-0,50	Ra 6,3
9. $L=16h11$	16	7,64	1,3	0,6	0,11	-	-0,11	Ra 6,3
10. $L=1,4h12$	1,4	1,3	1,3	0,6	0,1	-	-0,100	Ra 6,3
11. $L=20h12$	20	19,79	1,4	0,5	0,21	-	-0,210	Ra 6,3
12. $L=32d11$	31,92	31,76	0,8	0,2	0,24	-0,080	-0,240	Ra 6,3
13. $L=12h11$	12	11,89	0,9	0,5	0,11	-	-0,110	Ra 6,3
14. $L=104\pm 0,5$	104,5	103,5	1,3	0,6	1,0	+0,5	-0,5	Ra 6,3
15. $R=32\pm 0,3$	32,3	31,7	0,9	0,4	0,6	+0,3	-0,3	Ra 6,3
16. $R=126\pm 0,15$	126,15	125,85	2,7	1,1	0,3	+0,15	-0,15	Ra 6,3
21. $21_{-0,5}$	21	20,5	1,4	0,8	0,23	-	-0,5	Ra 12,5
22. $61\pm 0,5$	61,5	60,5	1,0	0,5	0,12	+0,5	-0,5	Ra 12,5
23. $\varnothing 45H8$	45,039	45	0,65	0,5	0,025	+0,039	-	Ra 1,6
24. $2,564H10$	2,604	2,564	0,5	0,1	0,018	+0,040	-	Ra 3,2

2.4. Расчет режимов резания

Определение режимов резания проведем для одного перехода механической операции технологического процесса, остальные режимы резания определим по каталогам.

Операция 020 Расточная. Сверление отверстия Ø41Н8. Отверстия $D \geq 50$ мм в сплошном материале выполняются рассверливанием или растачиванием, поэтому:

Глубина резания. При сверлении глубина резания:

$$t = 0,5 \cdot (D - d) = 0,5 \cdot (41 - 30) = 5,5 \text{ мм.}$$

Исходя из выше приведённого, выбираем спиральные сверла для обработки сталей Ø30 ГОСТ 10903-77.

Длина рабочего хода, мм:

$$L_{\text{р.х.}} = L_{\text{рез.}} + y + L_{\text{доп}} = 5,5 + 12 + 0 = 17,5 \text{ мм;}$$

где $L_{\text{рез}}$ – длина резания;

$y = 12$ мм – длина подвода, врезания и перебега инструмента [прил.3, стр.303];

$L_{\text{доп}} = 0$ – дополнительная длина хода, вызванная особенностями наладки и конфигурации детали.

Подача на оборот S шпинделя при рассверливании в соответствии с данными справочника [10, табл. 25, стр. 277] 0,5 мм/об.

На основании паспортных данных станка принимаем $S = 0,5$ мм/об.

Скорость резания. Для расчёта скорости резания согласно [10, стр. 276] используется следующая зависимость:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v;$$

где C_v - коэффициент [10, табл. 29, стр. 279];

$D = 41$ - диаметр сверла (отверстия), мм;

$T = 105$ - стойкость сверла, мин [10, табл. 30, стр. 279];

$S = 0,5$ - подача на оборот, мм/об;

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_v - поправочный коэффициент, равный:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV}$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество материала, [10, табл. 1- 4, стр. 262];

K_{IV} - коэффициент, учитывающий качество инструмента, [10, табл. 6, стр. 263]

K_{LV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления, [10, табл. 31, стр. 280]

Показатели степеней определяются по [10, табл. 29, стр. 279].

$$C_v = 10,8; m = 0,25; y = 0,3; q = 0,6; x = 0,2;$$

$$K_v = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,4 = 0,32$$

Тогда

$$V_{расч} = \frac{10,8 \cdot 41^{0,6}}{105^{0,25} \cdot 0,5^{0,3} \cdot 17,5^{0,2}} \cdot 0,32 = 21,84 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя определяется по следующей зависимости:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

Подставим числовые значения:

$$n = \frac{1000 \cdot 21,84}{3,1416 \cdot 41} = 169,5 \text{ об/мин}$$

На основании паспортных данных станка принимается ближайшая меньшая по значению, частота вращения: $n = 160$ об/мин. Тогда действительная скорость резания, определяемая по следующей зависимости

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

составит

$$V = \frac{3,1416 \cdot 41 \cdot 160}{1000} = 20,6 \text{ м/мин}$$

Для расчёта мощности резания (эффективной) согласно [10, стр. 280] используется следующая зависимость:

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения сверла, об/мин;

M_{kp} – крутящий момент, Н·м; [10, стр. 277]

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p,$$

где C_M – коэффициент [5, табл. 32, стр. 281];

D – диаметр сверла (отверстия), мм;

S – подача на оборот, мм/об

K_p – поправочный коэффициент, равный:

$$K_p = K_{MP}$$

где $K_{MP} = 1,0$ – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [10, табл. 10, стр. 265];

Показатели степеней определяются по [10, табл. 32, стр. 386].

$$C_M = 0,196; q = 1,0; x = 0,9; y = 0,8, K_p = 1,0$$

Тогда

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,196 \cdot 41^{1,0} \cdot 17,5^{0,9} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1,0 = 6,06 \text{ Нм}$$

$$N_e = \frac{0,22 \cdot 710}{9750} = 0,02 \text{ кВт}$$

Выбранный станок ИР320ПМФ4 имеет номинальную мощность двигателя 7,5 кВт, с учётом КПД: $N_{ст.} = 7,5 \cdot 0,85 = 6,4$ кВт. Мощность резания меньше мощности станка.

Остальные режимы резания выбираем по нормативам и сводим в таблицу 15.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Таблица 15 – Сводная таблица режимов резания

Операция, переход	Переходы	Глубина резания, t , мм	Подача на оборот, S , мм/об (на зуб, S_z , мм/зуб)	скорость резания, V_p , м/мин	частота вращения шпинделя, n , об/мин
010 Вертикально-фрезерная	1	1,9	0,2	240	1528
015 Комплексная Установ А	1	1,25	0,15	150	500
	2	3	0,2	170	500
	3	4	0,15	270	500
	4	1	0,2	240	600
	5	10	0,15	240	600
	6	2,25	0,1	160	710
	7	2	0,2	270	1200
	8	1,5	0,2	340	1200
015 Комплексная Установ Б	1	2	0,2	270	1200
	2	1,8	0,2	270	1200
020 Протяжная	1	1,5	0,4	1072	43
	2	1,0	0,4	1072	43
025 Шлифовальная	1	0,27	0,75	500	1600
	2	0,13	0,65	500	1600

2.5. Расчет технических норм времени

Определение норм времени на операции производится на основании данных отраслевых нормативов и по рекомендациям. При этом в состав норм входят следующие слагаемые:

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{ш}$ - штучное время, мин.;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, мин.;

n – размер партии, шт.

Подготовительно-заключительное время включает в себя затраты времени на получение материалов, инструментов, приспособлений, технологической документации, наряда на работу; ознакомление с работой, чертежом; получение инструктажа; установку инструментов, приспособлений, наладку оборудования на соответствующий режим; снятие приспособлений и инструмента; сдачу готовой продукции, остатков материалов, приспособлений, инструмента, технологической документации и наряда.

Штучное время:

$$T_{ш} = T_{осн} + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}$$

где $T_{ш}$ - штучное время, мин.;

$T_{осн}$ - основное время, мин.;

$T_{всп}$ - вспомогательное время, мин.;

$T_{обс}$ – время на отдых и личные надобности, мин.;

$T_{отд}$ - время на обслуживание рабочего места, мин.;

Основное время – основное технологическое время, в продолжение которого осуществляется изменение размеров, формы, состояния поверхностного слоя, структуры материала обрабатываемой заготовки.

$$T_{осн} = \frac{L}{ns} \cdot \frac{h}{t} = \frac{l + l_1 + l_2}{ns} \cdot i,$$

где L – величина перемещения инструмента или детали в направлении движения резания за один ход, мм;

n – частота вращения, об/мин;

s – подача, мм/об;

h – припуск на обработку (для данного перехода);

t – глубина резания, мм

l - длина обрабатываемой поверхности, мм;

l1 – длина врезания и перебега инструмента;

l2 – дополнительная длина на взятие пробной стружки;

i – число проходов.

Вспомогательное время определяется как сумма затрат времени на вспомогательные приёмы, сопутствующие основной работе. В состав вспомогательного времени входит время на установку-снятие заготовки, управление станком, смену инструмента, измерение детали.

$$T_{всп} = T_{уст} + T_{пер} + T_{дон}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{всп}$$

Время на обслуживание рабочего места, затрачиваемое на смазывание станка, смену инструмента, удаление стружки, подготовка станка к работе в начале смены и приведение его в порядок после окончания работы (определяется в процентах от оперативного времени):

$$T_{обс} = 0,06 \cdot (T_{осн} + T_{всп}) = 0,06 \cdot T_{оп}$$

Время на отдых и личные потребности (определяется в процентах от оперативного времени):

$$T_{отд} = 0,04 \cdot (T_{осн} + T_{всп}) = 0,04 \cdot T_{оп}$$

Выполним нормирование операции фрезерования плоскости с размерами 32d11, L=196 мм. Операция выполняется на вертикально-фрезерном станке 6520Ф3. Режущий инструмент фреза торцовая Фреза торцевая Ø50 R220/96-0050-08-5А черновая и чистовая из твердого сплава T15K6, с числом зубьев Z=16.

Подача на зуб Sz = 0,2мм/зуб [10, с.184]. Действительная подача на зуб

$$S_{\delta} = \frac{S_{мин}}{n \cdot Z} = \frac{200}{1528 \cdot 16} = 0,08, \text{ мм/зуб}$$

В пределах установленной нормы.

1. Величина врезания и перебега инструмента при глубине резания 1,5 мм, 28 мм – при черновой обработке, при чистовой обработке – 56 мм.

2. Основное время $T_{\text{осн}} = (l + l_1)/S_{\text{мин}} = (196 + 28)/0,2 = 11,20$ мин.

3. Вспомогательное время на установку и снятие детали на столе $T_{\text{всп.уст}} = 0,65$ мин [13, карта 10, с.237].

4. Вспомогательное время, связанное с переходом : на проход $T_{\text{всп1}} = 0,12$ мин, на установку и снятие щитка ограждения от стружки $T_{\text{всп2}} = 0,05$ мин. Суммарное вспомогательное время $T_{\text{всп}} = T_{\text{всп.уст}} + T_{\text{всп1}} + T_{\text{всп2}} = 11,20 + 0,12 + 0,05 = 11,37$ мин. С учетом коэффициента серийности $T_{\text{всп}} = 11,37 \cdot 1,52 = 17,28$ мин.

5. Расчет штучно-калькуляционного времени. Время на обслуживание рабочего места [12, карта 45, с.230] $a_{\text{обс}} = 2,5\%$. Время перерывов на отдых и личные надобности $a_{\text{отл}} = 4\%$.

$T_{\text{шт}} = (T_{\text{осн}} + T_{\text{всп}}) \cdot [1 + (a_{\text{обс}} + a_{\text{отл}})/100] = (11,20 + 17,28) \cdot [1 + (2,5 + 4)/100] = 30,33$ мин.

6. Подготовительно-заключительное время складывается из нескольких групп: на наладку станка, инструмента и приспособлений – 10 мин.; на получение и сдачу инструмента и приспособлений – 7 мин.; дополнительное время – 2 мин.

Итого $T_{\text{пз}} = 10 + 7 + 2 = 19$ мин.

Штучно-калькуляционное время (размер партии $n=190$ шт.).

$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/190 = 30,33 + 19/190 = 30,43$ мин.

Остальные значения норм времени по операциям определяем по табличным нормативам и заносим в таблицу 16.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 16 – Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин.

№ операции	Основное время на операцию, <i>t_о</i> , мин.	Вспомогательное время на опера- цию, <i>t_в</i> , мин.	Оперативное время, <i>t_{оп}</i> , мин.	Время на обслужива ние, <i>t_{обс}</i>		Время на отдых <i>t_{отд.л.}</i>		Штучное время, <i>t_{шт}</i> , мин.	Подготовительно- заключительное время на партию, <i>T_{пз}</i> , мин	Величина партии, шт.	Штучно- калькуляционное время, <i>t_{шк}</i> , мин
				%	мин.	%	мин.				
010	11,20	17,28	12,32	2,5	0,43	4	0,69	30,33	19	190	30,43
015	0,71	0,44	7,83	3,5	1,04	4	0,31	0,54	23	190	23,27
020	16,35	12,75	14,57	6	2,61	4	0,58	16,02	17	190	17,09
025	0,63	1,39	1,86	0,045	3,93	14	0,42	14,5	0,63	190	0,96

3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

3.1. Основные сведения о системе Siemens

Станки с ЧПУ являются основными средствами технического оснащения технологического процесса производства деталей. Эффективное программное обеспечение станков с ЧПУ позволяет реализовать цепочку процессов, которая обеспечивает максимальную производительность предприятия. Компания Siemens является лидером в области по выпуску систем ЧПУ. Системы ЧПУ Sinumerik выпускаются для широкого ряда станков с ЧПУ. Эти системы ЧПУ имеют широкий ряд опций для различных областей применения, от мелких мастерских до крупных предприятий аэрокосмической промышленности. Модель 802D обеспечивает эффективную обработку на стандартизованных токарных и фрезерных станках, шлифовальных и высечных станках. Модель 840D обеспечивает максимально возможную производительность и гибкость при любых типах обработки, в том числе и на сложных многоосевых системах. Программное ядро системы ЧПУ (VNCK) позволяет производить расширенную симуляцию обработки на станке в NX CAM или на виртуальных станках.

3.2. Основные и дополнительные функции системы ЧПУ

Управляющая программа разрабатывается с применением G и M функций и использованием постоянных циклов программирования. Перечень подготовительных, вспомогательных и дополнительных функций для программирования приведен в таблицах 13, 14, 15.

Компания Siemens является признанным лидером в области передовых технологий управления станками. Профессиональный опыт в областях разработки программного обеспечения и производственного оборудования позволяет создавать эффективные решения для изготовления деталей, которые предоставляют пользователям значительные уникальные преимущества.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сегодня фирма Siemens предлагает две группы УЧПУ:

- Семейство SINUMERIK 802C, 802S, 802D, которое ориентировано на применение в простых токарных и фрезерных станках. Эти УЧПУ ограничены по количеству осей и имеют оптимальные функциональные возможности, соответствующие их назначению.
- Семейство SINUMERIK 810D, 840D. SINUMERIK 810D — для станков с небольшими рабочими усилиями. SINUMERIK 840D — наиболее распространенное базовое модульное УЧПУ для широкого круга станков и технологических задач.

Аппаратные характеристики

Современные УЧПУ фирмы Siemens можно сравнить с детским конструктором: в зависимости от потребности из аппаратных и программных частей можно собрать систему для выполнения разных задач.

УЧПУ SINUMERIK 840D представляют собой интегрированные мультипроцессорные системы, в которых нельзя выделить ЧПУ и приводы в самостоятельные устройства.

Рассмотрим основные составные части.

Процессорный модуль ЧПУ

ЧПУ SINUMERIK имеют линейку процессорных модулей, один из которых применяется на станке DNC 60U - NCU (Numerical Control Unit) для 840D с типами от 571,2 до 5732,2.

Пульт оператора

Пульт оператора состоит из следующих частей:

-ММС-процессора (Human Machine Communication). Он представляет собой персональный компьютер MMC100.2 (Intel 486, MS-DOS) или MMC103 (Intel Pentium, Windows 95);

-дисплея, который может быть цветным или монохромным (10,4" TFT плоский экран).

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Кроме того, пульт оснащен полноразмерной клавиатурой, дисководом, адаптером подключения к сети Ethernet. Весь интерфейс полностью русифицирован.

На MMC-процессоры можно установить дополнительное программное обеспечение собственно фирмы Siemens (например, ShopMill — для экспресс-подготовки управляющих программ на рабочем месте, SINTDI — для управления инструментом, WinBDE — для сбора и анализа информации о работе станка) или третьих фирм. Тенденции развития таковы: в скором времени появятся 12-15-дюймовые дисплеи, а также возникнет возможность установки на MMC-процессоры CAD/CAM-систем. Это позволит произвести объединение рабочих мест проектировщика (конструктора-технолога) и станочника-оператора.

В системе ЧПУ SINUMERIK 840D используется привод (D — digital), в котором сигнал от ЧПУ передается по специальной цифровой шине. В каждом модуле привода имеется процессор, который выполняет задачи по управлению приводом и разгружает центральный процессор ЧПУ для других целей.

Основными достоинствами цифровых приводов являются:

- минимальное приводное время (время, через которое производится контроль положения) — 0,125 мс;
- высокая разрешающая способность — 4,2 млн. импульсов на один оборот двигателя;
- большой диапазон регулирования скорости (примерно в 50 раз больше по сравнению с аналоговыми приводами);
- высокие динамические характеристики.

Цифровое управление приводами позволяет повысить производительность станка и улучшить качество детали. Кроме того, улучшаются сервисные возможности:

- настройка привода через параметры, вводимые через MMC-процессор

(без традиционных вольтметров и осциллографов, необходимых для настройки аналоговых приводов);

- автоматическая оптимизация приводов, позволяющая более точно и быстро адаптировать приводы к механике станка;
- представление информации о состоянии привода (температура, нагрузка и т.д.).

Применение возможностей цифровых приводов позволяет поднять уровень технологических функций, используемых в УЧПУ.

Технологические возможности

В последние годы язык программирования для УЧПУ претерпел серьезные изменения. Большинство программ, написанных для старых моделей УЧПУ, работают и с новыми моделями при минимальных переделках. Имеющиеся сегодня возможности позволяют говорить о действительном программировании, а не о кодировании перемещений, как это было раньше. Мнемоника команд стала более ясной и читабельной. Базовый набор технологических функций УЧПУ позволяет использовать его с широкой гаммой станков (токарные, фрезерные, шлифовальные и т.п. станки и обрабатывающие центры). Целый ряд высокоуровневых функций обеспечивает такие возможности, о которых раньше технолог мог только мечтать.

Сплайны и полиномы

Эти функции позволяют создавать плавные непрерывные кривые. В системе возможно использование трех видов сплайнов (А, В, С) и кривых, заданных с помощью полиномов третьего порядка. Главное назначение сплайнов — быть интерфейсом между CAD/CAM-системами и УЧПУ. Основная область применения — производство штампов и пресс-форм. Использование сплайнов в обработке позволяет сократить управляющую программу, улучшить динамику движения приводов, повысить качество обрабатываемых поверхностей, отказаться от ручной доводки пресс-форм.

Изменение величины подачи по заданному закону в пределах одного кадра

Данная функция позволяет адаптировать величину подачи к режимам резания (например, изменять подачу при сверлении отверстия). Закон изменения определяется тремя способами: FLIN — линейное изменение, FCUB — по плавной кривой, FPO — по закону, заданному с помощью полинома.

Автоматическое предотвращение зарезов

Возможность обработки «узких мест» (карманов, пазов и т.п.) зависит от диаметра инструмента. При использовании опции Look Ahead происходит опережающий просмотр программы (до 1000 кадров), Система позволяет автоматически отслеживать подобные ситуации и предотвращать зарезы.

Преобразование рабочей системы координат в пространстве

Базовый набор команд (концепция FRAME) позволяет производить с рабочей системой координат следующие преобразования:

TRANS — линейный сдвиг;

ROT — наклон в заданной плоскости или вращение всей плоскости обработки; MIRROR — зеркальное отображение заданных осей;

SCALE — масштабирование вводимых размеров.

Используя эти возможности, можно исключить пересчет координат и задавать размеры прямо с исходного чертежа.

Ориентация инструмента относительно плоскости обработки

При наличии на станке поворотной инструментальной головы при условии 2,5D-обработки значительно упрощается обработка наклонных поверхностей. После задания соответствующей команды ориентации инструмента к плоскости обработки все дальнейшие действия по программированию перемещений производятся так, словно продолжается работа в стандартной системе координат.

Ориентация инструмента относительно криволинейных поверхностей

Эта возможность позволяет отказаться от суррогатных решений при пятиосевой обработке криволинейных поверхностей в производстве штампов и пресс-форм (формирование траектории движения с помощью САМ-систем одновременным заданием в кадре пяти осей. Необходимыми условиями использования данной возможности является наличие на станке двухосевой поворотной инструментальной головы и установка дополнительного пятиосевого пакета. Дополнительно к ориентации инструмента это обеспечит компенсацию длины и радиуса в объеме, ориентированный отвод в пространстве в случае поломки. Наиболее перспективно использование этих возможностей в цепочке из CAD/ САМ-систем.

Специальные функции для токарно-фрезерных станков

При выполнении фрезерных операций на телах вращения, необходимо совмещать движения линейных и круговых осей. Для упрощения этих действий введены специальные функции TRANSMIT и TRACYL, которые позволяют свести работу программиста к работе на плоскости. Необходимое перемещение круговой оси система формирует автоматически.

Задание запрещенных для перемещения зон на станке

Отдельные зоны на станке можно объявить запретными. Конфигурация таких зон может быть произвольной. В этом случае система автоматически отслеживает возможность попадания в эти зоны и блокирует указанные ситуации (например, защита зоны патрона на токарном станке).

Создание программных конструкций, аналогичных языкам высокого уровня

Язык программирования для УЧПУ содержит много элементов из языков программирования высокого уровня (больше всего он напоминает Паскаль). Программист может создавать переменные различных типов, использовать команды условных и безусловных переходов, арифметические и логические операции, циклы, выполняемые по условиям (WHILE — ENDWHILE; REPEAT — UNTIL; FOR — ENDFOR). Система предоставляет доступ к внутренним

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

переменным (например, к текущей памяти положения, к значениям остатков пути внутри кадра и т.д.).

Имея эти возможности, можно создавать программы, построенные по принципу групповой технологии (для ввода новой детали необходимо просто заполнить таблицу внутри программы) и существенно облегчающие работу оператора (простой запуск с промежуточного инструмента или технологического перехода). Для пользователей, знакомых хотя бы с основами программирования, освоение языка не составит проблем.

Вызов внешних подпрограмм при возникновении аварийных ситуаций

В случае возникновения нештатных ситуаций (например, при поломке инструмента) автоматически может быть вызвана специальная подпрограмма, внутри которой организуются все необходимые действия по устранению ситуации. Возврат на контур обработки производится одной командой, при этом можно вернуться в любую точку прерванного кадра.

3.2. Разработка управляющей программы

Работа современных металлорежущих станков основывается на числовом программном управлении (**ЧПУ** или **CNC**), то есть предполагает управление его приводами системами автоматического позиционирования. Для организации работы таких станков требуется написание программы с подготовительными и вспомогательными функциями на специализированном языке программирования.

В самом начале **УП** обязательно пишется код начала программы **%** и номер программы (например, **00001**). Два этих первых кадра не влияют на процесс обработки, тем не менее, они необходимы, для того чтобы **СЧПУ** могла отделить в памяти одну программу от другой. Указание номеров для таких кадров не допускается.

Следующая строка, настраивает систему **ЧПУ** на определенный режим работы с последующими кадрами **УП**. Иногда такие кадры называют строками безопасности, так как они позволяют перейти системе в некоторый стандартный режим работы или отменить ненужные функции.

N15 G21 G40 G49 G54 G80 G90

Кадры с **N20** по **N30** говорят станку о необходимости подготовки к обработке.

N20 M06 T01 (FREZA D1)

N25 G43 H01

N30 M03 S1000

Кадры с **N35** по **N70** непосредственно отвечают за обработку детали.

N35 G00 X5 Y10

N40 G00 Z1.5

N45 G01 Z-2 F30

N50 G01 X5 Y5

N55 G01 X9 Y5

N65 G01 X9 Y10

N70 G01 Z1.5

Окончание программы содержит кадры, предназначенные для останова шпинделя (**кадр N75**) и завершения программы (**кадр N80**):

N75 M05

N80 M30

%

Пример программы ЧПУ

O0001 (PAZ) – номер программы (0001) и ее название (PAZ)

N10 G21 G40 G49 G54 G80 G90 – строка безопасности

N20 M06 T01 (FREZA D1) – вызов инструмента №1

N30 G43 H01 – компенсация длины инструмента №1

N40 M03 S1000 – включение оборотов шпинделя на 1000 об/мин
 N50 G00 X3 Y8 – ускоренное перемещение в опорную точку T1
 N60 G00 Z1.5 – ускоренное перемещение инструмента в Z1.5
 N70 G01 Z-1 F25 – перемещение на глубину 1 мм на подаче 25 мм/мин
 N80 G01 X3 Y3 – перемещение инструмента
 N90 G01 X7 Y3 – перемещение инструмента
 N100 G01 X7 Y8 – перемещение инструмента
 N110 G01 Z5 – подъем инструмента вверх в Z5
 N120 M05 – выключение оборотов шпинделя
 N130 M30 – завершение программы
 %

Строка безопасности

Если в конце предыдущей программы та или иная функция не была отменена, то она останется в памяти СЧПУ с заданными характеристиками и будет активной до сих пор, пока ее не отменят.

Для этого при составлении управляющей программы в одной из первых строк записывается ряд подготовительных функций, которые отменяют или задают определяющие параметры. Такая строка называется – «строка безопасности».

Например, N15 G21 G40 G49 G54 G80 G90

G21 – активизирует режим работы в метрической системе мер и отменяет действие кода **G20**.

G40 – отменяет коррекцию на радиус инструмента.

Коды **G40/G40/G42** управляют смещением инструмента от заданной в программе траектории перемещения инструмента.

G49 –отменяет компенсацию длины инструмента.

Коды **G43/G44/G49** управляют компенсацией длины инструмента.

G54 – выбор рабочей системы координат.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Коды **G54** активизирует одну из нескольких рабочих систем координат– **G54/G55/G56/G57/G58/G59**.

G80 – отмена постоянных циклов.

Код **G80** отменяет все постоянные циклы и их параметры.

G90 – абсолютная система координат.

G81/G82/G83/G84/G86 – являются постоянными циклами.

Код **G90** активизирует работу в абсолютной системе координат.

G коды ЧПУ станка

G00 – ускоренное перемещение;

G01 – линейная интерполяция;

G02 – G03 – круговая интерполяция;

G04 – пауза;

G17/G18/G19 – выбор плоскости;

G20/G21 – выбор системы мер;

G40/G41/G42 – коррекция на радиус инструмента;

G43/G44/G49 – компенсация длины инструмента;

G52 – система локальных координат;

G53 – система координат станка;

G54 – G59 – система рабочих координат;

G80 – отмена постоянных циклов;

G81 – цикл сверления [CYCLE81 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR)];

G82 – цикл растачивания (сверления) с задержкой [CYCLE82 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB)];

G83 – цикл глубокого сверления [CYCLE83 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, FDEP, FDPR, DAM, DTB, DTS, FRF, VARI, _AXN, _MDEP, _VRT, _DTD, _DIS1)];

G84 – цикл нарезания резьбы [CYCLE84];

G85 – цикл растачивания с отводом на рабочей подаче;

G86 – цикл растачивания с быстрым отводом и остановом шпинделя;

G90/G91 – абсолютная и относительная система координат;

G94 – подача, мм/мин;

G95 – подача, мм/об.

М-коды для ЧПУ станка

М00 – программируемый останов;

М01 – останов с подтверждением;

М02 – конец программы;

М03 – вращение шпинделя по часовой стрелке;

М04 – вращение шпинделя против часовой стрелки;

М05 – останов шпинделя;

М06 – смена инструмента;

М07 – включение дополнительного охлаждения;

М08 – включение охлаждения;

М09 – отключение охлаждения;

М30 – останов и переход в начало управляющей программы.

Программа состоит из набора команд записанных в строки, каждой строке присваивается номер - **N (number)**. Нумерация производится для удобства программирования и дальнейшей работы. В процессе обработки возникает необходимость в корректировке программы, дополнении функций или координат в связи с технологическими изменениями. Для того чтобы вставить дополнительные строки, нумерация пишется с пропуском. Номер кадра не влияет на работу станка.

Например, N100 T10 M06 – вызвать инструмент №10;

№03 S1200 – вращение шпинделя по часовой стрелке 1200 об/мин;

N04 S1200 – вращение шпинделя по часовой стрелке 1200 об/мин;

N45 G01 Z-1 F40 – перемещение на глубину 1 мм на подаче (40 мм/мин);

N70 G00 Z5 – быстрое перемещение по Z и т.д.

Вся управляющая программа для комплексной обработки на сверление 2-х отверстий Ø8, отверстия Ø6 и фрезерования наружного контура детали приведена в Приложении В.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной главе выполняется сравнение двух вариантов технологического процесса базового и проектного для того, чтобы определить, насколько эффективны изменения в технологическом процессе с экономической точки зрения.

Сравним себестоимость обработки по каждому из вариантов. После внедрения нового технологического процесса определим годовую экономию.

В базовом варианте основным недостатком является то, что исключено применение станков с ЧПУ. В связи с этим задействовано большое число станочников, это приводит к дополнительным затратам в заработной плате, также возрастают затраты на использование инструмента и приспособлений. Из-за постоянной смены технологических баз увеличивается вероятность брака, в результате возрастает погрешность обработки.

Выбор методики расчета экономической эффективности мероприятий в дипломной работе определяется темой и содержанием технологической части работы, а также наличием необходимой исходной информации. Экономический эффект от внедрения в производства нового технологического процесса заключается в снижении годовых эксплуатационных издержек.

4.1. Исходные данные

Годовая программа выпуска – 8000 шт.;

Нормы штучно-калькуляционного времени Тшт-к (мин.) для базовой и проектируемой операций занесены в таблицу 17.

Таблица 17 – Нормы штучно-калькуляционного времени

Варианты	Тшт-к мин
Базовый вариант	71,5
Проектный вариант	23,3

Таблица 18 – Часовые тарифные ставки, р.

Наименование профессии	Разряды		
	3	4	5
Фрезеровщик	172,4	198,7	221,7
Расточник	153,5	172,8	198,8
Протяжчик	175,8	200,7	273,46
Шлифовщик	172,4	198,7	215,8
Оператор станков с ЧПУ	261,6	288,12	314,6

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 118 – количество выходных и праздничных дней; 247 – количество рабочих дней, из них: 3 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч). Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при односменной работе составляет:

$$F_H = 244 \cdot 8 + 3 \cdot 7 = 1973 \text{ ч}$$

- при трехсменной работе

$$F_H = 1973 \cdot 3 = 5919 \text{ ч}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2,0 % рабочего времени универсального оборудования и 9,0 % для обрабатывающего центра с ЧПУ.

$$F_{об} = 5919 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5386 \text{ ч проектируемый вариант.}$$

Программа выпуска в год $N = 8000$ шт.

Количество технологического оборудования определяется по формуле:

$$q = \frac{t_{шт-к} \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot K_{вн} \cdot K_{з} \cdot 60'} \quad ()$$

где $t_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время операции, мин.;

	N _{год} – годовая программа выпуска деталей, шт.;				Лист
	ДП 44.03.04.739 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	79

60 – перевод минут в часы;

$F_{об}$ – действительный фонд времени работы оборудования;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм времени (1,0 – 1,2);

k_z – коэффициент загрузки оборудования (по данным предприятия).

Нормы амортизационных отчислений:

Для универсального оборудования 7%,

Для станков с ЧПУ 12% от стоимости станка.

Стоимость электроэнергии 1кВт·ч = 6,38 р.

4.2. Определение капитальных вложений

Состав капитальных вложений K , руб. определяем по формуле:

$$K = \sum K_{заг} + \sum K_{обр} + \sum K_{прг} \quad (2)$$

где $K_{обр}$ – капитальные вложения в оборудование, р.;

$K_{прг}$ – капитальные вложения в программное обеспечение, р.;

$K_{заг}$ – затраты на изготовление заготовки.

Определение количества технологического оборудования. Количество технологического оборудования определяется по формуле:

$$q = \frac{t_{шт-к} \cdot N}{F_d \cdot K_v \cdot K_z \cdot 60'} \quad ()$$

где $t_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время операции, мин.;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.;

60 – перевод минут в часы;

F_d – действительный фонд времени оборудования, ч;

K_v – коэффициент выполнения норм времени, 1,15;

k_z – коэффициент загрузки оборудования, 0,78.

Определим количество фрезерных станков.

$$q = \frac{30,43 \cdot 8000}{5386 \cdot 1,15 \cdot 0,78 \cdot 60} = 0,84 \text{ шт.}$$

Количество остальных станков определяется аналогично. Результаты расчетов сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Количество оборудования по базовому варианту

№ опер	Оборудование	Модель оборудования	Количество станков	
			Расчет.	Принят.
010	Фрезерный	6520Ф3	0,84	1
020	Расточной	ИР320ПМФ4	0,64	1
030	Протяжный	7Б55	0,47	1
040	Шлифовальный	3Е721Ф1-1	0,03	1

Таблица 18 – Количество оборудования по проектному варианту

№ опер	Оборудование	Модель оборудования	Количество станков	
			Расчет.	Принят.
045	Комплексная с ЧПУ	DMU60U	0,64	1

Таблица 19 – Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Количество оборудования		Суммарная мощность, кВт		Стоимость одного станка, руб.	Стоимость всего оборудования, тыс. руб	
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	Одного станка	Всех станков		Базовый вариант	Проектируемый вариант
6520Ф3	1	-	11	11	195000	195	-
ИР320ПМФ4	1	-	4,5	4,5	150000	150	-
7Б55	1	-	6,2	6,2	120000	120	-
3Е721Ф1-1	1	-	5,0	5,0	130000	130	-
DMU60U	-	1	37	37	12600000	-	12600
Итого	4	1	63,7	63,7	-	595	12600

Сегодня, при наличии на предприятиях недозагруженных мощностей покупка нового оборудования для изготовления одной конкретной детали нецелесообразна. Поэтому при проектировании нового техпроцесса технолог опирается на уже имеющиеся на предприятии станки.

Затраты на программное обеспечение определяются по формуле:

$$K_{\text{прг}} = K_{\text{уп}} \cdot K_{\text{з}} \cdot n, \quad (1)$$

где $K_{уп}$ – стоимость одной управляющей программы, $K_{уп} = 8000 \text{ р.}$;

УП разрабатывается программистом на заводе, стоимость определяется заводскими нормами времени.

K_z – коэффициент, учитывающий потребности в восстановлении программы, $K_z = 1,1$;

$n=1$ количество операций для которых необходима программа.

$$K_{\text{прг}} = 8000 \cdot 1,1 \cdot 1 = 8000 \text{ р.}$$

Итого, единовременные вложения на программное обеспечение составит 8000 р. Стоимость оборудования во вложении не учитываем, т.к применяем оборудование, которое используется на предприятии.

4.3. Расчет технологической себестоимости

В общем случае технологическая себестоимость складывается из суммы следующих элементов:

$$C = Z_m + Z_{\text{зп}} + Z_z + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad ()$$

где Z_m – затраты на все виды материалов и комплектующих, р.;

Z_z – затраты на технологическую электроэнергию, р.;

$Z_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату, р.;

$Z_{\text{об}}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;

$Z_{\text{осн}}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$Z_{\text{и}}$ – затраты на малоценный инструмент, р.

Так как усовершенствованный технологический процесс не предполагает изменения метода получения заготовки, то нет необходимости учитывать затраты на ее изготовление.

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_z + Z_k + Z_{\text{тр}}, \quad ()$$

где $Z_{\text{пр}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, р.;

$Z_{\text{н}}$ - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.;

Зэ - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

Зк - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

Зтр - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.

Расчет технологической себестоимости производится по изменяющимся статьям.

4.3.1. Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих

Считается с отчислениями на социальное страхование, при применении сдельной оплаты труда, р.:

$$З_{пр} = C_m \cdot t_{шт-к} \cdot k_{мн} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p, \quad ()$$

где C_m – часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, р;

$t_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на операцию, час;

$k_{мн}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ($k_{мн}=1,0$);

$k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (1,2);

$k_{есн}$ – коэффициент, учитывающий страховые взносы ($k_{есн}=1,3$);

k_p – районный коэффициент, компенсирующий различия в стоимости жизни в различных природно-климатических условиях ($k_p=1,15$).

Численность станочников (операторов) вычисляется по формуле:

$$\chi_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p \cdot 60}, \quad ()$$

где t – штучное время операции, мин.;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска детали, $N_{год}=8000$ шт.;

$k_{мн}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ($k_{мн}=1,0$);

F_p – действительный годовой фонд работы одного рабочего, $F_p = 1758$ ч.

Принимаемую численность рабочих и затраты на заработную плату производственных рабочих заносим в таблицу 20 и 21.

Таблица 20 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р.	Штучное время, мин	Заработная плата, р.	Численность станочников, расчетная	Численность станочников, принятая чел.
Фрезерная	198,7	30,43	108,5	2,3	3
Расточная	172,8	23,12	103,87	1,75	2
Протяжная	200,7	17,09	89,17	1,22	2
Шлифовальная	215,8	0,96	5,38	0,07	1
Итого			306,92		8

Таблица 21 – Затраты на заработную плату станочников по проектному варианту

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р.	Штучное время, мин	Заработная плата, р.	Численность станочников, расчетная	Численность станочников, принятая чел.
Комплексная с ЧПУ	288,12	23,3	154,4	1,77	2
Итого			154,4		2

4.3.2. Заработная плата вспомогательных рабочих

Заработная плата вспомогательных рабочих определяется по формуле:

$$Z_{всп} = \frac{C_{т}^{всп} \cdot F_p \cdot Ч_{всп} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p}{N_{год}}, \quad ()$$

где $C_{т}^{всп}$ – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, р.;

F_p – действительный годовой фонд работы одного рабочего, ч;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска детали, шт.;

$Ч_{нал.}$ – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, чел.

$$Ч_{всп} = \frac{q_p \cdot n}{H}, \quad ()$$

где q_p – расчетное количество оборудования, шт.;

n – число смен работы оборудования;

N – число станков, обслуживаемых одним наладчиком, электронщиком.

$N = 15$ шт.

Численность транспортных рабочих - 5% от числа станочников,
контролеров - 7% от числа станочников.

Определим численность контролеров по базовому варианту.

$$Ч_{\text{конт.}} = 8 \cdot 0,07 = 0,56 \text{ чел.}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 22 и 23.

Таблица 22 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по базовому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел	Затраты на изготовление одной детали, р.
Контролер	173	0,56	38,2
Транспортный работник	150	0,4	23,65
Итого		0,96	61,85

Таблица 23 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектному варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел	Затраты на изготовление одной детали, р.
Контролер	173	0,14	9,5
Транспортный работник	150	0,1	5,9
Итого		0,37	15,4

4.3.3. Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение технологической операции, рассчитываются по формуле:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{о.д.}} \cdot k_W \cdot t_{\text{шт-к}}}{\eta \cdot k_R} \cdot Ц_э, \text{ р.} \quad ()$$

где N_y – установленная мощность главного электродвигателя, кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности, 0,3;

$k_{вр}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, 0,5;

$k_{о.д.}$ – средний коэффициент одновременности работы всех электродвигателя станка ($k_{о.д.} = 1$);

k_W – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода ($k_W = 1,04$);

k_B – коэффициент выполнения норм времени на операциях технологического процесса 1,15;

η – коэффициент полезного действия металлорежущего оборудования (принимается по паспорту оборудования) 0,9;

$\Pi_э$ = 6,38 руб. – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии.

Результаты расчетов по вариантам сводятся в таблицы 24 и 25

Таблица 24 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на эл. энергию, р
6520Ф3	11	30,34	5,4
ИР320ПМФ4	4,5	23,12	1,69
7Б55	6,2	17,09	1,67
3Е721Ф1-1	5,0	0,96	0,08
Итого	26,7	71,5	8,84

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию по проектному варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на эл. энергию, р
DMU60U	37	23,3	13,88
Итого	37	23,3	13,88

4.3.4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитываются по формуле:

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем} \quad ()$$

где $C_{ам}$ – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р;

$C_{рем}$ – затраты на ремонт технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t_{шт-к}}{F_{об} \cdot k_з \cdot k_{вн} \cdot 60'} \quad (9)$$

где $Ц_{об}$ – цена единицы оборудования, р.;

$H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений;

$F_{об}$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, час;

$k_з$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм.

Определение затрат на текущий ремонт оборудования.

Затраты на текущий ремонт оборудования можно определить укрупненным расчетам по примерным нормам затрат на ремонт от стоимости оборудования. Затраты на ремонт универсальные станки – 3%, станки с ЧПУ-2%.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносятся таблицу 26 и 27.

Таблица 26 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по базовому варианту

Модель станка	Стоимость, руб.	Кол, шт.	Норма амортизации	Штучно-калькуляционное время, мин.	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
6520Ф3	195000	1	15%	30,34	8,31	6,1
ИР320ПМФ 4	150000	1	15%	23,12	4,39	3,6
7Б55	120000	1	15%	17,09	2,59	2,1
3Е721Ф1-1	130000	1	15%	0,96	0,15	0,1
					15,44	11,9

Таблица 27 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по проектному варианту

Модель станка	Стоимость, руб.	Кол, шт.	Норма амортизации	Штучно-калькуляционное время, мин.	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
DMU60U	12600000	1	6%	23,3	54,66	20,16

4.3.5. Определение затрат на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{и}} = \frac{C_{\text{и}} + \beta_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}}}{T_{\text{ст}} \cdot (\beta_{\text{п}} + 1)} \cdot T_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{и}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{и}}$ – цена единицы инструмента, р;

$\beta_{\text{п}}$ – число переточек;

$C_{\text{п}}$ – стоимость одной переточки;

$T_{\text{ст}}$ – период стойкости инструмента;

$T_{\text{м}}$ – машинное время;

$\eta_{\text{и}}$ – коэффициент случайной убыли инструмента, $\eta_{\text{и}} = 1,05$.

Таблица 28 - Затраты на эксплуатацию инструмента базового процесса

Наименование инструмента		Стоимость, руб	Стойкость, мин	Кол-во переточек	Стоимость одной переточки	Маш. время	Коеф. убыли	Затраты
Фреза	Ø125 9473-80	700	65	8	80	1,62	1,05	3,8
Фреза	Ø 8 NF10-81 EB45RX2000	600	65	8	80	2,8	1,05	6,1
Фреза	Ø10x90-MM10-10005-C90-M03 T60M	900	65	8	80	4,6	1,05	12,7
Фреза	Ø16 MP-16019R08Z4-E04-F40M	700	65	8	80	7,1	1,05	17,1
Сверло	Ø20 10903-77	800	80	12	30	1,18	1,05	1,12
Сверло	Ø30 10903-77	800	80	12	30	2,3	1,05	2,7
Сверло	Ø40,5 10903-77	800	80	12	30	3,5	1,05	4,1
Протяжка	Ø40 20365-74	800	65	8	90	10,4	1,05	28,4
Круг шлифовальный	17123-79	800	45	1	90	0,63	1,05	6,54
Резец	18880-73	320	100	10	40	1,06	1,05	0,7
Резец	18884-73	320	100	10	40	3,82	1,05	2,6
Итого								85,86

Затраты на годовую программу составляют:

$$Z_{\text{инстр/год}} = Z_{\text{инстр/дет}} \cdot N = 85,86 \cdot 8000 = 686880 \text{ руб.}$$

Исходные данные расчета затрат проектируемого варианта заносим в таблицу 29.

Таблица 29 - Исходные данные расчета затрат проектируемого варианта

Наименование инструмента		Стоимость, руб	Стоимость, мин	Кол-во переточек	Стоимость одной переточки	Маш. время	Коеф. убыли	Затраты
Фреза	Ø20R217.69-1225-RE-10-4A	700	65	8	80	1,8	1,05	4,33
Фреза	Ø40-R220.96-0050-08-5A	700	65	8	80	1,01	1,05	2,43
Фреза	Ø10x90-MM10-10005-C90-M03 T60M	900	65	8	80	1,52	1,05	4,2
Фреза	Ø20- 3577856-JS513240P4C-0Z3-NXT	900	65	8	80	2,1	1,05	5,8
Фреза	Ø63R335,15-063-03.22-5	900	65	8	80	0,85	1,05	2,35
Сверло	Ø6 SD203F-6-45-6R1	600	65	8	80	1,3	1,05	2,9
Сверло	Ф20 SD504-25-100-32R7	800	80	12	30	1,7	1,05	1,99
Сверло центровочное	Ø2,5 SD202-2,5-17-6R1	320	100	10	40	0,9	1,05	0,62
Сверло	Ø7,8- 5525-7,8-57-8R1	320	100	10	40	1,3	1,05	0,89
Итого								25,51

Затраты на пластину определяются по формуле:

$$Z_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{мпл}} \cdot T_{\text{о}}}{T_{\text{ст}}} \cdot K_{\text{уб}} \cdot n, \quad (1)$$

где $C_{\text{мпл}}$ – стоимость пластины, руб;

$T_{ст}$ – период стойкости пластины, мин;

T_o – время обработки пластиной, мин;

$K_{уб}$ – коэффициент случайной убыли инструмента, $K_{уб} = 1,05$;

n – количество пластин устанавливаемых на инструмент

Таблица 30 - Исходные данные расчета затрат на режущий инструмент проектируемого варианта

Наименование инструмента		Стоимость, руб	Стойкость, Мин	Маш. Время	Затраты
Пластина	R790-160408PH-NMH13A	600	220	0,63	1,72
Пластина	327R12-22 40020-RM	500	180	0,6	1,7
Пластина	CCMT 060204-FTJC215V «DIJET»	450	360	1,0	3,68
итого					7,1

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Технологическая себестоимость обработки детали, р.

Статья затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Заработная плата с начислениями	306,92	154,4
Затраты на электроэнергию	8,84	13,88
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	27,34	74,82
Затрат на эксплуатацию инструмента	85,86	33,88
Итого	428,96	263,1

4.3.6. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

Одним из важных показателей экономического эффекта от спроектированного варианта технологического процесса является годовая экономия, полученная в результате снижения себестоимости:

$$Э_{год} = (C_б - C_{пр}) \cdot N_{год} \quad ()$$

где $C_б$; $C_{пр}$ – технологическая себестоимость одной детали по базовому и проектируемому вариантам соответственно, р.;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (428,96 - 263,1) \cdot 8000 = 1326880 \text{руб.}$$

Определим производительность труда:

$$B = \frac{F_p \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60}{t_{\text{псн}}}, \quad ()$$

где F_p – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч;

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм.

Производительность труда в базовом техпроцессе:

$$B_{\text{б}} = \frac{1758 \cdot 1,2 \cdot 60}{71,6} = 1767 \text{ шт/год}$$

Производительность труда в проектируемом техпроцессе:

$$B_{\text{б}} = \frac{1758 \cdot 1,2 \cdot 60}{23,3} = 5432 \text{ шт/год}$$

Рост производительности труда:

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр}} - B_{\text{б}}}{B_{\text{б}}} \cdot 100\%, \quad ()$$

где $B_{\text{пр}}, B_{\text{б}}$ – производительность труда соответственно проектируемого и сравниваемого вариантов.

$$\Delta B = \frac{5432 - 1767}{1767} \cdot 100 = 207\%$$

Технико-экономические показатели проекта приведены в таблице 32.

Таблица 32 - Технико-экономические показатели проекта

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам		Изменение показателя
	Сравниваемый вариант	Проектируемый вариант	
Годовой выпуск деталей, шт.	8000	8000	-
Численность рабочих, чел.	8	1	-7
Количество видов оборудования, шт	4	1	-3
Трудоемкость обработки одной детали, н/ч	1,2	0,39	-0,81
Технологическая себестоимость обработки детали, р.	428,96	263,1	-165,86
Затраты на годовой выпуск деталей, тыс.руб.	3431,680	2104,800	-1326,88
Производительность труда, шт/год	1767	5432	+3665
Рост производительности труда, %	100	307	+207

ВЫВОД:

Изменение технологического процесса, а именно, использование комплексных станков с ЧПУ, дало возможность уменьшить себестоимость обработки детали, снизить производственный цикл, повысить качество обработки. Следовательно, спроектированный технологический процесс является более производительный по сравнению с базовым.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Вводная часть

Совершенствование и развитие материально-вещественных факторов производства и, прежде всего разработка, внедрение и освоение новых технологий требует систематического повышения как общего культурно-технического и профессионального уровня работников, так и повышения квалификации в пределах конкретных трудовых функций. В таком повышении заинтересованы и предприятия, и сами работники, поскольку требования к качеству рабочей силы постоянно повышается.

Современное производство предъявляет высокие требования к рабочим кадрам и системе подготовки, переподготовки и повышение квалификации в условиях рыночных отношений. В ходе научно-технического прогресса одни профессии исчезают, другие появляются. Уплотняется трудовой ритм, меняются технические средства. Все это порождает необходимость в новых формах подготовки, переподготовки и повышение квалификации рабочих кадров.

Предметом - является система подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих кадров.

Задачи – проанализировать систему повышения квалификации кадров, выявить особенности, описать условия обучения и его возможности. На основе проведенного анализа разработать учебный, перспективно-тематический план и план-конспект по переподготовке рабочих выбранной специальности. Таким образом, целью данной работы состоит в оценке организации подготовки, переподготовки и повышение квалификации кадров Завода №9 и выработке мероприятий по ее совершенствованию, которые базируются на изучении и анализе применяемых форм и систем подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров.

Так как на заводе нет учебного центра, то обучение рабочих ведется в Региональном межотраслевом центре дополнительного профессионального

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

образования, который является структурным подразделением ПАО "МЗИК". Центр ДПО расположен в административном здании предприятия с общей площадью более 1000 м².

Основной целью деятельности Центра ДПО является подготовка новых рабочих и повышение квалификации кадровых рабочих, руководителей, специалистов и других служащих предприятия на основе системы непрерывного дополнительного профессионального образования, а также обучение, повышение квалификации работников предприятия Уральского и Сибирского регионов для развития их кадрового ресурса в условиях инновационного развития и технологического перевооружения.

Подготовка и обучение ведется по следующим направлениям:

- организация обучения, обучение по договорам и обучение собственного персонала с предприятиями ОПК и другими организациями;
- обучение (профподготовка) лиц, стоящих на учете в центрах занятости;
- организация и проведение стажировки, практики студентов и выпускников начальных, средних и высших учебных заведений;
- организация обучения и обучение собственного персонала.

Публичное акционерное общество «Машиностроительный завод имени М.И. Калинина, г. Екатеринбург» - Региональный межотраслевой центр дополнительного профессионального образования (Центр ДПО) - отдел 391 (ПАО "МЗИК") имеет Лицензию Министерства общего и профессионального образования Свердловской области рег. № 17791 от 10.08.2015 г. на осуществление образовательной деятельности.

В Центре ДПО работают высококвалифицированные и опытные преподаватели, руководители практики, мастера производственного обучения, инструкторы производственной практики. Центром ДПО поддерживается постоянная связь со службой занятости населения.

Для обеспечения качественного процесса обучения - Центр ДПО имеет учебно-материальную базу в составе:

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- учебные кабинеты;
- лаборатории;
- компьютерный класс;
- два интерактивных класса (токарный и фрезерный);
- высокотехнологичное современное оборудование в цехах предприятия,

привлекаемое к учебному процессу в соответствии с порядком использования производственного и технологического оборудования предприятия в образовательном процессе;

- учебно-методический кабинет,
- техническую библиотеку, читальный зал;
- кабинеты для сотрудников Центра, помещение для преподавателей;
- медицинский пункт;
- столовую;
- бытовые и другие помещения.

Все помещения оборудованы в соответствии с действующими правилами и санитарными нормами.

Программа переподготовки рабочих включает в себя теоретическое и производственное обучение. Всего на обучение отведено 144 часа, из них на производственное обучение отведено 60 часов.

Программа включает в себя изучение современного режущего и мерительного инструмента, основы технологии машиностроения, основы программирования и устройство обрабатывающих центров, наладку и настройку станка.

Срок обучения – 2 месяца, т.к. обучение проводится без отрыва от производства. После теоретического обучения рабочие на предприятии проходят производственное обучение, выполняют пробную работу. На основании сдачи квалификационного экзамена по теоретическим вопросам, выполнению пробной работы и заключения с места работы им выдается удостоверение с присвоенным разрядом.

5.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

Профессиональные стандарты внедряются на предприятиях и для этого необходимо вести переподготовку слушателей согласно этим требованиям, для этого необходимо проанализировать профессиональный стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Проанализируем профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 августа 2014г. № 530н.

Согласно профессиональному стандарту в таблице 1 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ.

Таблица 33 – Описание трудовых функций профессионального стандарта

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		
Наименование	уровень квалификации	наименование	код	уровень (подуровень) квалификации
1	2	3	4	5
Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01.2	2
		Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	A/02.2	2
		Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03.2	2
		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04.2	2
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05.2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07.2	2

Окончание таблицы 33

1	2	3	4	5
Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	В/01.3	3
		Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02.3	3
		Установка деталей в приспособления и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03.3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	В/04.3	3
Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/01.4	4
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/02.4	4

В таблице 34 приведен учебный тематический план для подготовки станочников широкого профиля.

Таблица 34 – Учебно-тематический план станочников широкого профиля

№	Название дисциплин	Всего часов	В том числе		
			теория	практические занятия	форма контроля (зачёт, экзамен)
	Теоретическое обучение	118	118		
1	Блок социально-экономических дисциплин	4	4		зачёт
1.1.	Основы экономики	2	2		
1.2.	Охрана окружающей среды	2	2		

Окончание таблицы 34

2.	Блок общепрофессиональных дисциплин	24	24		
2.1.	Материаловедение	6	6		
2.2.	Чтение чертежей и схем	6	6		
2.3.	Основы электротехники	6	6		
2.4.	Допуски и технические измерения	6	6		
3.	Блок профессиональных дисциплин	6	6		
3.1.	Сведения из технической механики	2	2		
3.2.	Охрана труда и промышленная безопасность	4	4		
4	Блок специальных дисциплин	90	90		
4.1.	Введение	1	1		
4.2.	Универсальные и специальные приспособления, контрольно-измерительный инструмент	15	15		
4.3.	Заточка и доводка режущего инструмента	14	14		
4.4.	Устройство и эксплуатация технологического оборудования	24	24		
4.5.	Технологический процесс обработки деталей	30	24		
4.6.	Стандартизация, сертификация и качество продукции	3	3		
4.7.	Охрана окружающей среды	3	3		
5.	Практическое обучение	256		256	
	Консультация	6	6		
	Экзамен	8	8		экзамен
	ИТОГО	388	132	256	

На основе анализа профессионального стандарта и учебного плана разработаем новый учебный план согласно требованиям, предъявляемым к операторам обрабатывающих центров с ЧПУ.

Для сравнения выберем одну из обобщенных трудовых функций «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности», из обобщенной трудовой функции выберем трудовую функцию «Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях».

Сравним учебный план с требованиями профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», результаты сравнения сведем в таблицу 35.

Таблица 35 – Сравнение учебно-тематического плана с требованиями профессионального стандарта

Учебно-тематический план	Профессиональный стандарт
1	2
Материаловедение	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов
Чтение чертежей и схем	Читать и оформлять чертежи, схемы и графики; составлять эскизы на обрабатываемые детали с указанием допусков и посадок
Основы электротехники	Рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических, магнитных и электронных цепей
Допуски и технические измерения	Система допусков и посадок, степеней точности; качества и параметры шероховатости. Анализировать конструкторскую документацию станка и инструкцию по наладке и определять предельные отклонения размеров по стандартам, технической документации для выполнения данной трудовой функции
Сведения из технической механики	-
Охрана труда и промышленная безопасность	Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности
Универсальные и специальные приспособления, контрольно-измерительный инструмент	Использовать контрольно-измерительные инструменты. Порядок и правила установки и выверки деталей в нескольких плоскостях
Заточка и доводка режущего инструмента	Правила заточки, доводки и установки универсального и специального режущего инструмента
Устройство и эксплуатация технологического оборудования	Установка деталей в приспособлениях и на столе станка
Технологический процесс обработки деталей	-
Стандартизация, сертификация и качество продукции	Контроль с помощью измерительных инструментов точности наладки универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных инструментов, приборов и инструментов для автоматического измерения деталей. Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
Охрана окружающей среды	-
-	Системы управления и структура управляющей программы обрабатывающих центров с ЧПУ

На основе анализа видим, что часть дисциплин для переподготовки операторов обрабатывающих центров уже изучалась станочниками широкого профиля, следовательно можно провести срез знаний по данным дисциплинам.

В таблице 36 предлагается учебный план для переподготовки операторов обрабатывающих центров.

№	Название дисциплин	Всего часов	В том числе		
			теория	практические занятия	форма контроля (зачёт, экзамен)
1	Современный режущий и мерительный инструмент	12	4	8	зачет
2	Допуски и технические измерения	6	2	4	
3	Устройство и эксплуатация технологического оборудования с ПУ	12	4	8	
4	Стандартизация, сертификация и качество продукции	10	4	6	
5	Технологический процесс обработки деталей на станках с ПУ	4	4	-	
6	Программирование обрабатывающих центров с ПУ	30	6	24	УП
	Практическое обучение	60	-	60	Пробная работа
	Консультация	2	2	-	
	Экзамен	8	8	-	экзамен
	ИТОГО	144	32	112	

Операторы обрабатывающих центров с ЧПУ, прошедшие полный курс обучения, сдают квалификационные экзамены, в которые включаются выполнение производственных работ и проверка технических знаний, после чего им присваивается 3-й разряд.

Операторы обрабатывающих центров с ЧПУ, получившие разряд, смогут работать на различных станках с ЧПУ.

Для разработки методической части дипломного проекта выбираем дисциплину «Современный режущий и мерительный инструмент».

Данная дисциплина изучается в течении 12 часов: 4 ч отводится на теоретическое обучение, 8 ч - практическое.

5.3. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по дисциплине «Современный режущий и мерительный инструмент»

В результате освоения дисциплины «Современный режущий и мерительный инструмент» слушатель курсов

должен знать:

- современный режущий инструмент различных фирм;
- правила выбора режимов резания
- современные средства измерений;
- правила пользования контрольно-измерительными машинами;

должен уметь:

- выбирать режущий инструмент
- назначать режимы резания
- пользоваться мерительным инструментом
- контролировать отклонения формы и расположения поверхностей деталей.

Содержание дисциплины «Современный режущий и мерительный инструмент» приведено в таблице 37.

Таблица 37 - Содержание темы «Современный режущий и мерительный инструмент»

№	Тема занятия	Виды занятий	
		теоретические	практические
1	Современный режущий инструмент	2	4
2	Контрольно-измерительные машины	2	4

Для разработки перспективно-тематического плана выберем тему «Контрольно-измерительные машины» и приведем его в таблице 38.

Таблица 38 - Перспективно-тематический план изучения темы «Контрольно-измерительные машины »

№ занятия	Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Средства обучения	Форма организации
2.1 (2ч)	Назначение контрольно-измерительных машин	Образовательные: сформировать у слушателей знания о различных способах контроля, о современных мерительных инструментах, правилах пользования КИМ, Воспитательные: воспитывать культуру общения, культуру речи с использованием специальной предметной терминологии; <i>Развивающие:</i> развивать профессиональный интерес и технический кругозор.	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (слайды презентации).	Презентация	Фронтальная
2.2. (4ч)	Настройка и измерение на контрольно-измерительных машинах	Образовательные: сформировать практические навыки работы на КИМ Воспитательные: воспитывать культуру общения, культуру речи с использованием специальной предметной терминологии; <i>Развивающие:</i> развивать профессиональный интерес и технический кругозор.	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные	КИМ Датчики Renishaw	Фронтальная, индивидуальная

План занятия по теме «Назначение контрольно-измерительных машин»

Цели:

Дидактическая: сформировать у слушателей знания о различных способах контроля; о современных мерительных инструментах, правилах пользования КИМ;

Развивающая: способствовать усвоению новых знаний об измерительных инструментах; формированию умений и навыков овладения средствами измерения; умению применять полученные знания на практике;

Воспитывающая: воспитывать культуру общения, культуру речи с использованием специальной предметной терминологии;

Тип урока: комбинированный

Методы обучения: рассказ, беседа, демонстрация слайдов

Оснащение урока: ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды

Таблица 39 - Модель деятельности преподавателя и слушателей на занятии.

№ этапа	Наименование этапа урока	Деятельность преподавателя	Время (мин)	Деятельность учащихся
1	Организационная часть	Приветствие Проверка присутствующих	5	Приветствуют преподавателя. Участвуют в переключке
2	Сообщение темы и цели урока	Сообщает тему, цели урока.	5	Слушают, записывают тему урока.
3	Мотивация	Рассказывает о важности темы	5	Слушают.
4	Актуализация опорных знаний	Задает вопросы	15	Отвечают на вопросы, дополняют друг друга.
5	Объяснение нового учебного материала	Преподаватель, рассказывает новый материал, по ходу рассказа демонстрирует слайды	40	Слушают, конспектируют, изучают слайды.
6	Закрепление новых знаний	Задает вопросы, тест-опрос	15	Отвечают на вопросы, дополняют друг друга.
7	Домашнее задание	Повторить пройденный материал.	5	Записывают.

Конспект урока приведен в приложении В, слайды и презентации приведены в приложении Г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Кривошип» в условиях серийного производства.

Предлагаемый технологический процесс обеспечивает экономические показатели выпуска продукции высокого качества, в условиях применения на предприятии современного оборудования и режущего инструмента.

При разработке проекта были учтены требования к материалу детали, к точности и шероховатости поверхностей.

Замена универсального оборудования на обрабатывающий центр с ЧПУ позволила увеличить производительность труда и снизить себестоимость продукции. На комплексную операцию была разработана управляющая программа.

В методической части проанализирован профессиональный стандарт «Оператора-наладчика обрабатывающих центров», учебный план и рассмотрены вопросы связанные с переподготовкой персонала.

Поставленные задачи выпускной квалификационной работы решены, цели достигнуты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т.Т. 1.6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982. 736 с.
2. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А., Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов – 5-е изд., переработка и дополнение – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. - 256 с.
3. Добрыднєв И.С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения»: Учебн. пособие для техникумов по специальности «Обработка металлов резанием». – М.Машиностроение, 1985.184 с., ил.
4. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112 с.
5. Егоров С.Б. Интегрированный учебный комплекс по изучению технологического программирования, систем ЧПУ и разработке управляющих программ // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8-1. – С. 24-31; URL: <http://funda-mental-research.ru/ru/article/view?id=34501>.
6. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие-Екатеринбург: Издательство Урал. Гос. проф.-пед. университета 2012.- 169 с.
7. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т. А. Козлова, Т. В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 137 с.
8. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.- пед. ун-т», 2009. 41 с.
9. Могильников В. А. Технология производства. Технологический анализ чертежа детали: методические указания к практическим занятиям, контрольно-

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

курсовым и контрольным работам для студентов машиностроительных специальностей / В. А. Могильников. – Тула: изд-во ТулГУ, 2009. – 18 с.

10. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Машиностроение: 2004. – 526 с.

11. Режимы резания металлов. Справочник./Под ред. Ю.В.Барановского, изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с., ил.

12. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 6-е изд., перераб. и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.1-656 с., ил.

13. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для машиностроит. вузов по спец. «Технология машиностроения» / В.А.Аверченков, О.А.Горленко, В.Б.Ильицкий и др.; Под ред. О.А.Горленко. – М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.

14. Силантьева Н.А., Малиновский В.Р. Техническое нормирование труда в машиностроении: Учебник для учащихся сред. спец. Учеб. Заведений по курсу «Техническое нормирование труда в машиностроении». – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.: ил.

15. Солонин И.С., Солонин С.И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. – М.: Машиностроение, 1980. – 110 с.

16. Справочник технолога – машиностроителя /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.2-612 с., ил.

17. Технология машиностроения [Текст]. Учеб для вузов [Гриф МО РФ] /Л.В. Лебедев и др.- М.: Изд. Центр «Академия», 2006. - 527 с.

18. Технология машиностроения. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов [Гриф УМО] / [А. В. Коломейченко и др.]. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015. - 266 с. - (Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/67470>)

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

19. Техничко-экономическис расчёты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт. –сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Коз-лова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т» , 2013. 66 с.

20. Эрганова, Н. Е. Практикум по методике профессионального обучения [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н. Е. Эрганова, М. Г. Шалунова, Л. В. Коляс-никова. - 2-е изд., пересмотр. и доп. - Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2011. - 88 с.

21. Электронный каталог «Seco», Фрезерование, 2015 г.

22. <http://www.studfiles.ru/preview/5897571/page:20/>

23. <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/>

24. http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/search/

25. [www.dmg](http://www.dmg-mori.com) mori.com

26. studopedia.ru

27. [dmg.stankopres.ru/Page 308.html](http://dmg.stankopres.ru/Page_308.html)

28. Электронный ресурс <http://vsestankitut.com/germany/dmu-50.html>

29. Электронный каталог «Seco», Сверление, 2015 г.

30. Электронный каталог «Seco», Токарная обработка, 2015 г.

Перечень графического материала

Название	Формат
Чертеж детали	1 лист А2
Чертеж заготовки	1 лист А2
Иллюстрации технологического процесса	2 лист А1
Фрагмент управляющей программы	1 лист А1

Приложение В

Конспект урока по теме: «Контрольно- измерительные машины»

Измерительные приборы и инструменты являются незаменимым оборудованием на производстве. Это связано с тем, что эти машины позволяют изготавливать детали по шаблону, вследствие чего они могут взаимно заменять друг друга. Это их свойство лежит в основе современного массового производства, в том числе машиностроения и металлообработки.

Первые отечественные контрольно-измерительные машины так и назывались – КИМ. Они появились примерно в 1980-1984 гг. Небольшая гранитная плита с порталным механизмом над ней. Измерительная головка с рубиновым щупом позволяли измерять с точностью 0,01 мм. Привод был ручным, т.е. оператор рукой тащил всю конструкцию от одной точки измерения до другой.

Конструктивно это была гранитная плита 1,5х2 метра с порталным механизмом на ней. Плита была изготовлена из бездефектного южноафриканского гранита и обработана с какой-то невероятной точностью. Вся конструкция не опиралась ни на что, а висела над опорами на воздушных амортизаторах. Воздух подавался специальными нагнетателями. Все для того, чтобы избежать малейших воздействий со стороны.

Кроме этого, под машину был построен специальный, не связанный с полом цеха трехметровый, независимый фундамент. А сама машина заключена в изолированный, стеклянный куб с кондиционером т.к она не стала бы работать при температуре, отличающейся от заданной и любое внешнее воздействие отразилось бы на результатах измерений. На всех индикаторах и распечатках точность указывалась с четырьмя знаками после запятой – 0,0001 мм.

Координатно-измерительная машина (КИМ) — устройство для измерения геометрических характеристик объекта. Машина может управляться вручную оператором или автоматизировано компьютером. Измерения проводятся

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

посредством датчика, прикрепленного к подвижной оси машины. Измерительные датчики отличаются по принципу действия (электроконтактные, индукционные, оптические, ёмкостные, пьезометрические, тензометрические), выходному сигналу (аналоговые, дискретные), способу измерения (контактные, бесконтактные), типу измерения (сканирующие, триггерные) и другие.



Рисунок 17 – координатно- измерительная машина CONTURA
Контрольно-измерительные машины бывают 4 типов конструкций:

- консольные;
- порталные;
- на колоннах;
- с горизонтальным шпинделем.

Каждый из этих видов имеет определенные особенности, связанные с областью их применения, нюансами обслуживания. Главным плюсом подобных устройств является возможность их подключения к компьютеру, что является главным этапом в проведении автоматизации производства.

Оборудование для измерения малогабаритных изделий

Для измерения малогабаритных изделий используют консольное оборудование. Главным преимуществом таких контрольно-измерительных машин является их портативность.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

Ими легко управлять благодаря их высокой маневренности. Из-за небольшой массы консольных машин для их установки не нужно проводить дополнительные трудоемкие работы, такие как подготовка фундамента. Кроме того, КИМ такой конструкции находятся в самой доступной ценовой категории. Главным недостатком считается относительно низкая точность измерений.

КИМ для крупногабаритных изделий

На производственных объектах, где изготавливают средне- и крупногабаритную продукцию используют порталное оборудование, КИМ устанавливаемые на колоннах, а также измерительные машины с горизонтальным шпинделем.

Портальная конструкция благодаря высокой жесткости также не требует дополнительного фундамента. У колонного КИМ масса намного выше, чем у вышеописанного оборудования, потому для его установки необходимо создать прочную бетонную основу.

КИМ с горизонтальным шпинделем используют для замеров, которые требуют глубокого поперечного проникновения. Этот вид оборудования самый сложный в освоении, и к тому же имеет самую высокую цену

Процесс измерения

Как и на большинстве станков, программирование контрольно-измерительной машины, производится или в ручном или в автоматическом режиме. В ручном режиме – оператор джойстиком подводит на большой скорости щуп к детали, останавливает его, отмечает точку, и направляет щуп к детали на малой скорости. При соприкосновении с деталью, измерительная головка, останавливает машину и сообщает координаты. Затем щуп отводится от детали и на большой скорости перемещается к следующей точке. Все точки фиксируются компьютером и затем можно повторить все эти действия. Напоминает процесс обучения, только результат гарантирован.

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

Программирование в автоматическом режиме гораздо проще и сложнее одновременно. Достаточно указать, что вы хотите измерить, и компьютер определит оптимальные траектории движения, безопасные расстояния и саму возможность измерения данного параметра. Только он не может учесть, как закреплена деталь, и не осталось ли после обработки, например, технологических отливов, дополнительных креплений или просто сопрягаемых деталей, установленных для дальнейшей совместной обработки. Это откорректировать несложно.

Перед измерением обязательно производится тарировка щупов. Устанавливается эталонный шарик (точность не известна) и каждый щуп проверяет на нем свои координаты. Теперь на столе любым щупом можно измерять все с точностью до десятой доли микрона.

Если измеряется большая партия изделий, то не обязательно жестко привязывать их к столу. Достаточно задать ожидаемую точку контакта и контрольно-измерительная машина сама найдет ее, а дальше будет аккуратно работать по программе. Даже на большой скорости «въехав» в деталь, она останавливается, немного колыхается на амортизаторах и продолжает работать.

Гораздо сложнее измерить, например, параллельность, перпендикулярность, соосность отверстий или параллельность, перпендикулярность плоскостей. Не стоит говорить, какое это имеет значение для работы сопрягаемых шестерен или при сборке узлов.

Для контрольно-измерительной машины проблемы сложности измерения не существует. По специальной программе она замеряет нужное количество точек, вычисляет положение оси и относительное положение осей или плоскостей. При этом все нарисует и покажет.



Рисунок 18– сканирование поверхности щупом

Одна из интереснейших возможностей контрольно-измерительных машин – сканирование поверхности. Щуп непрерывно скользит по поверхности и постоянно выдает результаты измерений. Можно задать шаг измерений, от микрона до миллиметра. Просканировать можно любые поверхности любых деталей – плоскости, отверстия, цилиндры, шестерни, лопадки, и пр.

Еще одна интересная программа, это измерение шестерней, причем всех типов и размеров. Измеряются и рассчитываются все параметры шестерней, все диаметры, модули, размеры зубьев, углы и пр. Можно проверить основные параметры шестерни, можно проверить все зубья и можно просканировать по профилю зуба или по его плоскости. Все распечатывается и рисуется с указанием отклонений, если они указаны.

Более того, если на плиту контрольно-измерительной машины установить поворотный стол и управлять им, то получим четвертую координату для измерений. Если сможем наклонять измерительный щуп относительно головки и вращать измерительную головку, то получим шестикоординатную контрольно-измерительную машину. На ней можно измерять ступенчатые отверстия, когда диаметр первого отверстия меньше следующего, а также сверхсложные шестерни, крыльчатки, винты, лопадки авиационных двигателей и все что угодно, с одной установки.

Следующее направление совершенствования – измерение все более мелких объектов. Например, резьбы с шагом 1,25 мм. Для этого применяется игольчатый щуп, который может сканировать поверхность с радиусом 0,25 мм. Тут уже видна и шероховатость поверхности, и фаски, и радиусы скругления, и неубранные заусенки.

Добавив к контрольно-измерительной машине магазин со сменными щупами, устройство для смены щупов и лазерное измерительное устройство, получаем контрольно-измерительный центр. Такая сверхсложная конструкция необходима для работы в составе гибкой производственной системы.

Рассмотрим 1 из часто применяемых на контрольно измерительных машинах фирму Renishaw.

Renishaw» – крупная международная компания, которая создает технические решения для точных измерений. В России бренд известен в первую очередь датчиками и щупами для них, а также системами калибровки станков и программным обеспечением для работы с точным измерительным оборудованием.

Датчики и калибровочные системы «Ренишоу» обеспечивают высочайшую точность измерений. Они используются во многих современных станках с ЧПУ разных классов точности. Измерительные системы «Ренишоу» можно назвать одними из лучших в мире, но они будут бесполезны без правильной настройки и калибровки.

Калибровка щупов и датчиков Renishaw требует специфических знаний, опыта и соответствующего оборудования. Держать специалиста такой квалификации в штате маленькой компании невыгодно: поэтому руководители многих предприятий обращаются к компании.

Установка, настройка и калибровка систем «Ренишоу» (Renishaw) — одно из обязательных условий правильного функционирования оборудования и производства в целом. Измерительные системы позволяют оценивать точность работы агрегатов и оперативно выявлять отклонения.

Рассмотрим несколько измерительных головок фирмы Renishaw

Серия головок PH10 PLUS повышает производительность за счёт предоставления автоматизированным КИМ дополнительной возможности программно-управляемой переориентации датчиков.

Серия включает в себя три модели головок PH10 PLUS. Каждая из них может работать с определённым набором датчиков и удлинителей и устанавливаться с высокой повторяемостью в 720 положений, обеспечивая доступ к самым труднодоступным элементам детали. Это позволяет выполнять измерения элементов под различными углами без необходимости частой смены щупов, занимающей много времени.

Все три варианта исполнения головок PH10 поставляются с улучшенным показателем повторяемости, составляющей 0,4 мкм (2 σ) (определяется при расстоянии 62 мм). Таким образом, обеспечивается более высокая точность позиционирования наконечника щупа в точке касания.

Головка PH10M PLUS позволяет использовать удлинители большой длины и сложные датчики, такие как SP25M или TP7M. Автоматическое стыковочное соединение обеспечивает исключительно высокую повторяемую точность базирования при смене датчика или удлинителя, позволяя обходиться без повторной калибровки.



Рисунок 19 - Головка PH10M PLUS

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

Таблица 37 – характеристики головки PH10M PLUS

Длина	117 мм
Ширина	62 мм
Масса	620 г
Способ крепления датчика	Многоконтактное автоматическое стыковочное соединение
Способ крепления головки	Стыковка PH10M PLUS с КИМ посредством хвостовика
Используемый контроллер	<u>PHC10-3 PLUS</u>
Повторяемость позиционирования	0,4 мкм, определяется при расстоянии 100 мм
Общее количество дискретных положений	720
Максимальный рекомендуемый крутящий момент	0,45 Nm
Максимальная длина удлинителя	300 мм при использовании удлинителя PAA3 450 мм при использовании удлинителя PAACF

Головка PH10MQ PLUS является разновидностью головки PH10M PLUS и может быть установлена непосредственно в пиноль так, чтобы ось В головки находилась внутри пиноли.

Это обеспечивает повышенную жёсткость установки датчика, при этом из пиноли выступает только ось А.



Рисунок 20 – головка PH10MQ PLUS

Таблица 38 – характеристики головки PH10MQ PLUS

Длина	73 мм
Ширина	80 мм
Масса	730 г
Способ крепления датчика	Многоконтактное автоматическое стыковочное соединение
Способ крепления головки	Непосредственно в пиноль
Используемый контроллер	<u>PHC10-3 PLUS</u>
Повторяемость позиционирования	0,4 мкм, определяется на расстоянии 100 мм
Общее количество дискретных положений	720
Максимальный рекомендуемый крутящий момент	0,45 Нм
Максимальная длина удлинителя	300 мм при использовании удлинителя PAA3 450 мм при использовании удлинителя PAACF

Модель PH10T PLUS аналогична модели PH10M PLUS за исключением того, что в ней вместо автоматического стыковочного соединения для крепления датчика используется резьбовое соединение M8.

С этой головкой можно использовать любые удлинители и датчики с резьбовым соединением M8, в частности TP20 и TP200. Головка PH10T PLUS полностью совместима с любыми системами для автоматической смены щупов и измерительных модулей.

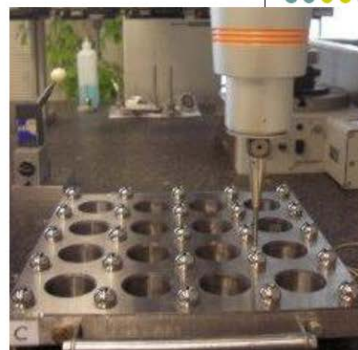


Рисунок 21 – головка PH10T PLUS

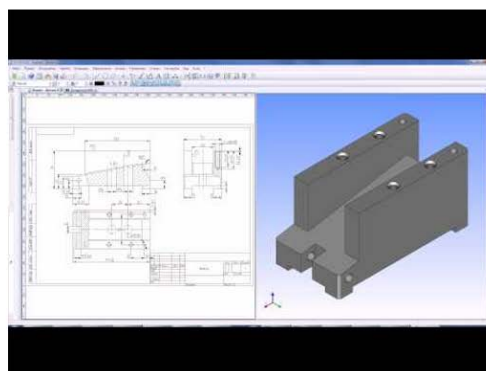
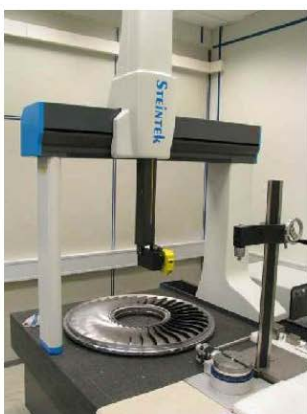
Таблица 38 – характеристики головки PH10T PLUS

Длина	103 мм
Ширина	62 мм
Масса	645 г
Способ крепления датчика	Резьбовое соединение М8 (2 провода)
Способ крепления головки	Хвостовик для стыковки с КИМ
Используемый контроллер	<u>PHC10-3 PLUS</u>
Повторяемость позиционирования	0,4 мкм, определяется при расстоянии 100 мм
Общее количество дискретных положений	720
Максимальный рекомендуемый крутящий момент	0,45 Nm
Максимальная длина удлинителя	300 мм (11,8 дюйма) при использовании удлинителя PEL4

Координатно-измерительные машины



Координатно-измерительная машина (КИМ) — устройство для измерения геометрических характеристик объекта. Измерения проводятся посредством датчика, прикрепленного к подвижной оси машины.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист
120



Первые отечественные контрольно-измерительные машины так и назывались – **КИМ**. Они появились примерно в 1980-1984 гг. Небольшая гранитная плита с порталным механизмом над ней. Конструктивно это была гранитная плита 1,5х2 метра с порталным механизмом на ней. Привод был ручным, т.е. оператор рукой тащил всю конструкцию от одной точки измерения до другой.



Измерительная машина состоит из следующих деталей:

- стол для процесса измерений;
- специальный мост подвижного типа;
- датчики для определения линейных перемещений;
- отдельные датчики касания.

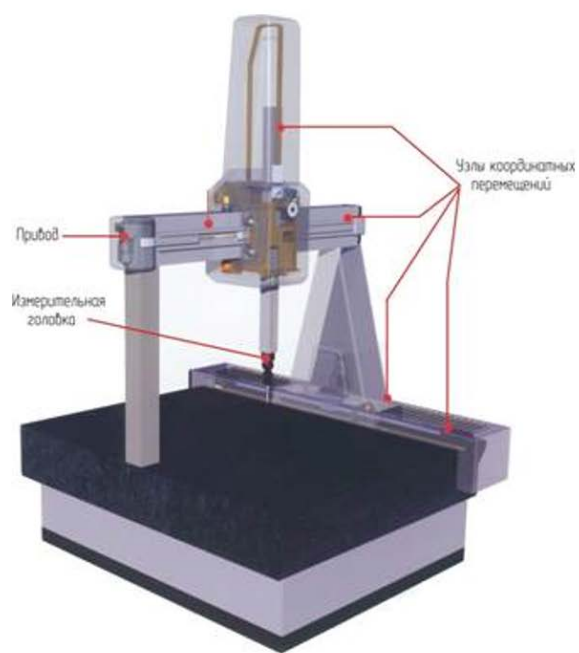


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист

121



К этим машинам предъявляются следующие требования:

- простота обслуживания;
- оптимальная доступность;
- высокая точность измерений и воспроизведения;
- непродолжительность измерения;
- автоматизированный метод измерения;
- управление процессом измерения при помощи вычислительного устройства.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

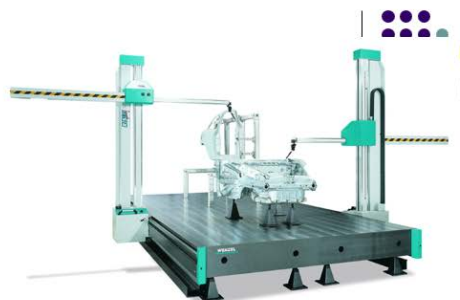
ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист

122

Контрольно-измерительные машины
бывают 4 типов конструкций:

- консольные;
- порталные;
- на колоннах;
- с горизонтальным шпинделем



КНМ - компонент
дополнительного оснащения из
переключающей щуповой
головки с автоматическим
растрированием направления
ощупывания,
микропроцессорной
электроники, пульта
управления, а так же
производительной ЭВМ с
матобеспечением



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист

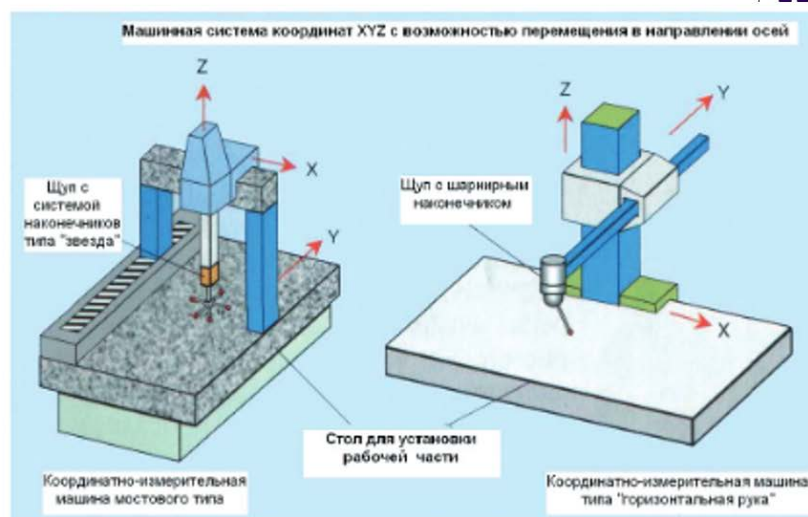
123

Программирование координатно-измерительной машины, производится или в ручном или в автоматическом режиме.



В ручном режиме оператор должен:

- 1) джойстиком подвести на большой скорости щуп к детали
- 2) остановить щуп
- 3) отметить точку
- 4) направляет щуп к детали на малой скорости
- 5) остановить машину и сообщить координаты
- 6) щуп отвести от детали и на большой скорости переместиться к следующей точке



Наиболее часто встречающиеся конструкции координатно-измерительных машин

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист

124

Координатно-измерительная машина может оснащаться крупными поворотными столами

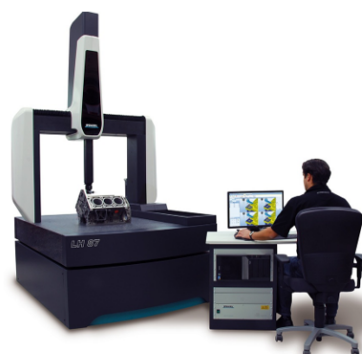


В автоматическом режиме оператор должен учесть:

- 1) Как закреплена деталь
- 2) Не осталось ли после обработки технологических отливов, дополнительного крепления или сопрягаемых деталей.



Если измеряется большая партия изделий, то не обязательно жестко привязывать их к столу. Достаточно задать ожидаемую точку контакта и контрольно-измерительная машина сама найдет ее, а дальше будет аккуратно работать по программе.

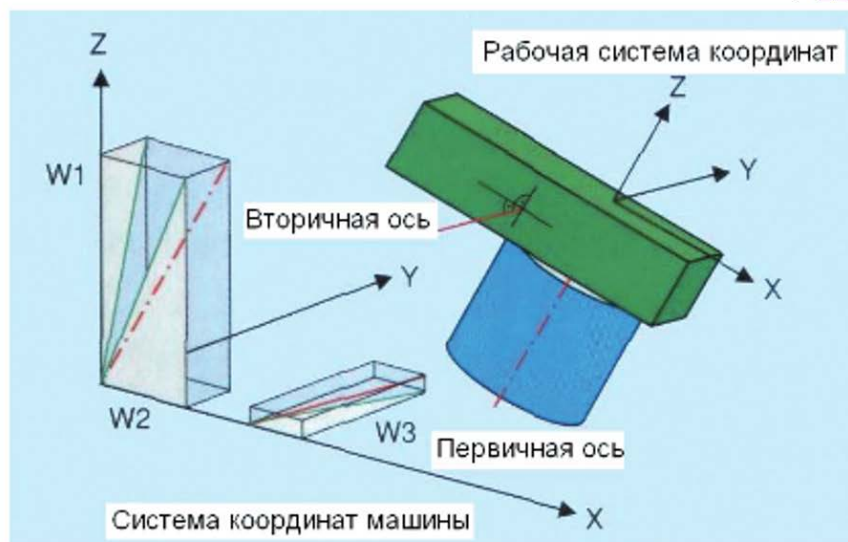


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

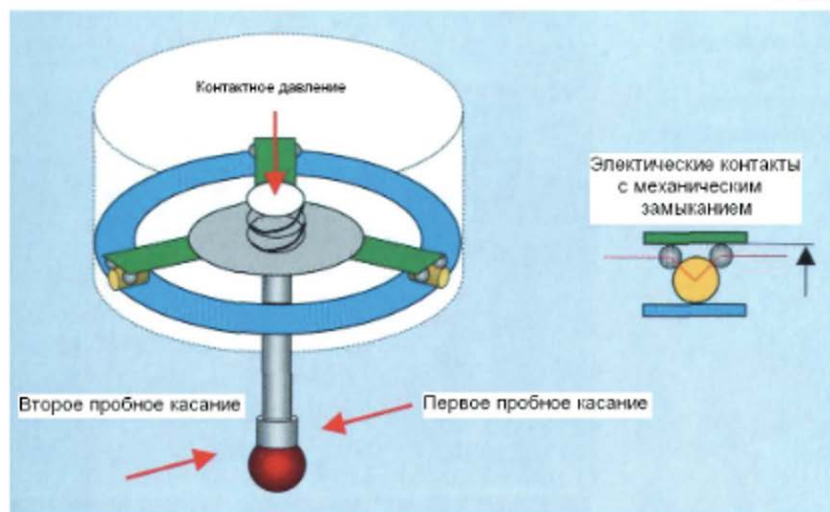
ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист

125



Система координат изделия



Принцип работы касательного щупа с электрическими контактами, образующими механическое замыкание

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.739 ПЗ

Лист

126

Типовые схемы координатно-измерительных машин



Тип	Схема	Характеристика типов машин		Примечания
		достоинства	недостатки	
Горизонтальная		Повышенная точность за счет достаточной жесткости системы. Возможность доступа к внутренним точкам объекта	Ограниченная возможность вертикальных перемещений. Контроль изделий небольших габаритных размеров	Контроль отливок кубической формы, коробок передач и т.п.
Вертикальная		Наиболее точная из всех типов координатно-измерительных машин	Необходимость термостатированного помещения. Контроль изделий малых габаритных размеров. Высокая стоимость	Тонкие метрологические исследования
Мостовая		Повышенная жесткость элементов, поддерживающих измерительную головку. Возможность загрузки больших деталей.	Наличие четырех стоек по углам машины, затрудняющих загрузку крупногабаритных деталей	Для ощупывания объекта используются электронные средства
Портальная		Повышенная жесткость. Загрузка крупногабаритных объектов. Высокая чувствительность. Наличие массивной плиты стола, позволяющей улучшить условия измерений.	Высокая стоимость	Применение азростатических подшипников по всем трем осям

Таблица 1 - Основные элементы оснастки, подлежащие контролю



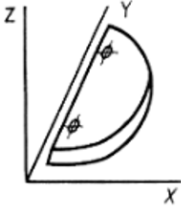
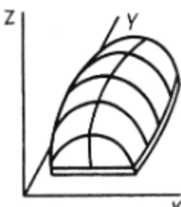
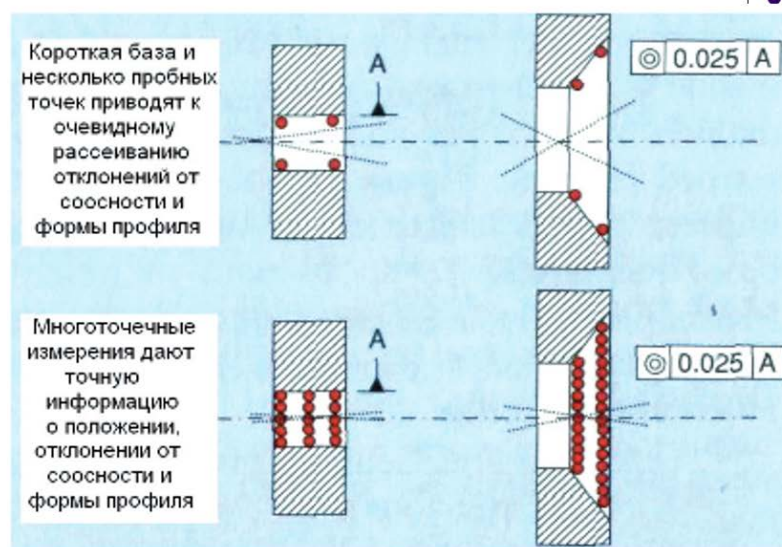
Тип оснастки	Наименование оснастки	Контролируемые параметры	Эскиз
Плоская	Плазы, шаблоны, форм-блоки, оправки, гибочные пуансоны, контрольные плазы, ложементы, рубильники	Расположение координатных и конструктивных осей; координаты точек линий теоретических контуров и линий, с ними связанных; расположение базовых и монтажных отверстий; значение малки в определенных точках (для малкованной оснастки)	
Объемная	Эталоны поверхности, контрэталоны, базовые эталоны, обтяжные пуансоны, контрольно-доводочные болванки, контрольные плазы, оправки	Расположение координатных и конструктивных осей; координаты точек поверхности; конструктивная разметка на поверхности	

Таблица 2 - Методы обработки результатов измерений

Метод	Уменьшенное изображение	Вычисление	Применение
Гаусса		Соответствие окружностей при условии наименьшей суммы квадратичных погрешностей	Классический метод. Можно использовать при измерении всего нескольких точек. Подходит для геометрических фигур без сильных отклонений размеров и формы.
Минимально описанные и максимально вписанные окружности		Минимальный диаметр (нет информации по внутренним точкам). Максимальный диаметр (нет информации по внешним точкам)	Сравнение диаметров. Предназначен для уточнения информации. Обычно используется в работе с большим количеством точек.
Чебышева		Диаметр в соответствии с условием: среднее между максимально описанной и минимально вписанной окружностью	Определение отклонения от формы в соответствии с приведенными условиями. Используется в работе с большим количеством точек.



Измерительные данные отверстий цилиндра, ясно показывающие необходимость многоточечного измерения

Вопросы для закрепления материала



1. Координатно- измерительная машина(КИМ)- это...
2. Перечислите типы КИМ
5. Какие этапы включает в себя программирование контрольно-измерительных машин в ручном режиме
4. Предназначение устройства изображенного на рисунке



Фрагмент управляющей программы

```
%_N_UP001_MPF
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_KRIVOSCHIP_WPD
;%_N5_UP001_MPF
;HERMLE_C30(4AX)
;
;-- PL 0 PO Z - BAZOV POVERHN ZAGOTOVKI --
;-- 0 PO X,Y - CENTR OTV D41 --
;*****
; T1=SVERLO CENTR D2.5 2317-0003
; T2=SVERLO D6 M11205500 HANITA
; T3=SVERLO D8 M11207500 HANITA
; T4=FREZA D10 Z=4 U 45317.258 FRAISA
; T5=FREZA D20 Z=3 3577856 WIDIA PLASTINA TN6430

N10 DEFINE PRIV AS G54 D1
N15 T="CENTROVKA";"T1"
N20 M6
N25 G0 G90 G17 PRIV
N30 G64 SOFT
N35 G0 X50.Y106.331
N40 Z120
N45 S1000 M3
N50 M8
N55 F40
N60 MCALL CYCLE81 (100,30, 2, , 1)
N65 X50.0 Y106.331
N70 X66.0 Y63.4
```

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						130
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N72 X151.0 Y80

N75 MCALL

N80 G0 Z120

N85 M9

N90 M5

N95 G75 Z1

N100 PRIV

N105 A0

N110 M0

N115 T="SVERLO";"T2"

N120 M6

N125 G0 G90 G17 PRIV

N130 G64 SOFT

N135 G0 X50.Y106.331

N140 Z120

N145 S650 M3

N150 M8

N155 F20

N160 MCALL CYCLE83(5,0,2,-30,,-15,,10,0,,1,0,3,2,0,2,)

N165 X50.Y106.331

N170 MCALL

N175 G0 Z120

N180 M9

N185 M5

N190 G75 Z1

N195 PRIV

N200 A0

N205 M0

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		131

N210 T="SVERLO";"T3"

N215 M6

N220 G0 G90 G17 PRIV

N225 G64 SOFT

N230 G0 X66.0 Y63.4

N235 Z120

N240 S600 M3

N245 M8

N250 F20

N255 MCALL CYCLE83(5,0,2,-30,,-15,,10,0,,1,0,3,2,0,2,)

N260 X66.0 Y63.4

N262 X151.0 Y80

N265 MCALL

N270 G0 Z120

N275 M9

N280 M5

N285 G75 Z1

N290 PRIV

N295 A0

N300 M0

N305 T="FREZA";"T4"

N310 M6

N315 G0 G90 G17 G94

N320 G64

N325 G0 X50.Y106.331

N330 Z20

N335 S3000 M3

N340 M8

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						132
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N345 G1 Z2 F300

N350 Z-1

N355 Z2

N360 G0 X66.0 Y63.4

N365 G1 Z-1

N370 Z0

N375 Z31

N410 G40

N415 G0 Z200

N420 M9

N425 M5

N430 G75

N435 A0

N440 M0

N450 T="FREZA";"T5"

N455 M6

N460 G0 G90 G17

N465 G64

N470 CYCLE72("contur",5,0,2,-40,1,0.5,0.5,80,40,1,41,1,5,140,1,5)

N3210 G0 Z200

N3590 M9

N3595 M5

N3600 G75 Z1

N3605 PRIV

N3610 A0

N3615 M30

CONTUR

N3215 G17 G90 DIAMOF ;*GP*

G0 X0 Y104 ;*GP*

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						133
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

G1 X30 RND=10 ;*GP*

X50 Y115.7 RND=3 ;*GP*

G3 X65 Y104 I=AC(59.3984) J=AC(112.2838) ;*GP*

G1 X151 Y99 ;*GP*

G2 X170 Y80 I=AC(151) J=AC(80) ;*GP*

X151 Y59 I=AC(151.1056) J=AC(77.9997) ;*GP*

G1 X131.1 Y57.5 RND=10 ;*GP*

X32 Y47 RND=10 ;*GP*

Y0 ;*GP*

G2 X-32 I=AC(0) J=AC(0) ;*GP*

G1 X-25.1 Y80 ;*GP*

G2 X0 Y104 I=AC(6.0261) J=AC(72.5725) ;*GP*

m17

					ДП 44.03.04.739 ПЗ	Лист
						134
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		